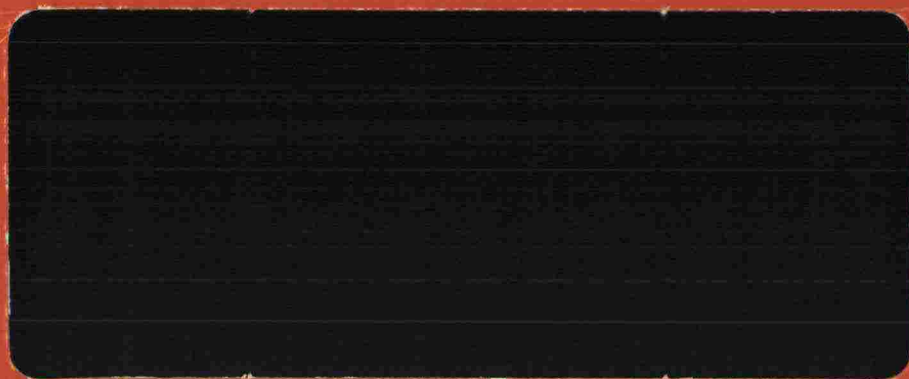


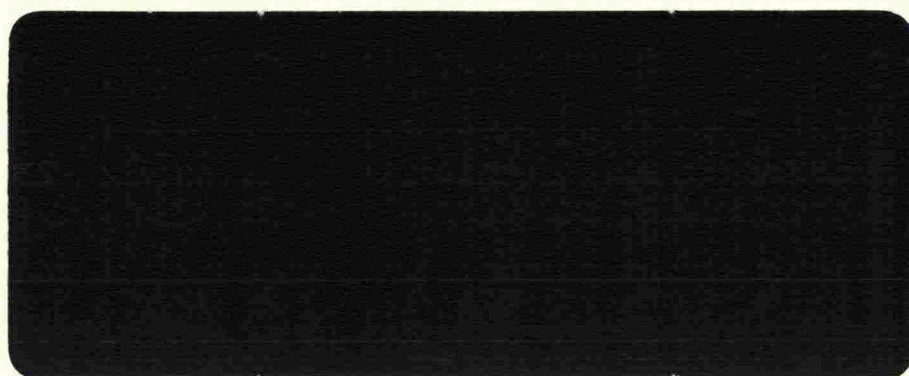
# TVH

TIE – JA VESIRAKENNUSHALLITUS



TALOUSOSASTO – TUTKIMUSTOIMISTO

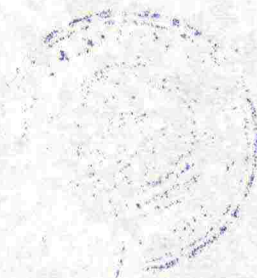
08  
TIE



82 0505



**TIEREKISTERIN LAADUNVALVONTA  
VUOSINA 1975 - 1978  
LOPPURAPORTTI**



Paul Knekt  
4.10.1979

Sisältö	Sivu
ESIPUHE	1
1. YHTEENVETO	2
2. JOHDANTO	5
3. TAVOITTEET	7
4. AINEISTO	9
4.1 Varsinainen LAVA	9
4.2 Pyörätiet ja jalkakäytävät	10
4.3 Liikenne	10
4.4 Kantavuus	10
5. MENETELMÄT	11
5.1 Mittausmenetelmät	11
5.2 Tarkasteltavat tekijät	13
5.3 Tilastolliset menetelmät	15
5.3.1 Kvantitatiiviset muuttujat	15
5.3.2 Kvalitatiiviset muuttujat	21
5.4 ATK-menetelmät	24
6. TULOKSET	26
6.1 Tieosan pituus	26
6.2 Mäkisyys	28
6.3 Kaarteisuus	32
6.4 Näkemät	35
6.5 Kunta	38
6.6 Ajoradan leveys	41
6.7 Ajoradan päällyste	45
6.8 Valaistus	48
6.9 Pientareen leveys	50
6.10 Liittymä ja risteys	55
6.11 Silta	56
6.12 Pyörätiet ja jalkakäytävät	56
6.13 Liikenne	59
6.14 Kantavuus	62
6.15 Tulosten yhteenveto	65
7. KUSTANNUKSET	72
8. JOHTOPÄÄTÖKSET	74
KIRJALLISUUS	82
LIITETAULUKOT	84-96



## ESIPUHE

Tämän raportin tarkoituksena on antaa tierekisterin suunnittelijoille, ylläpitäjille ja käyttäjille kosketusta laadunvalvontaan, joka on hyvin keskeinen asia isojen tai ajassa muuttuvien tietoaaineistojen taltioinnin ja käsittelyn yhteydessä. Tutkimuksessa on ongelmana ollut tietojen runsaus. Suurin osa tutkimustuloksista on tästä syystä jouduttu tiivistämään tilastollisiksi tunnusluvuiksi. Jotta raportti olisi mahdollisimman helppolukuinen on mukaan otettu suhteellisen paljon kuvia.

Työ on suoritettu 1.1.1975-31.12.1978 välisenä aikana talousosaston tutkimustoimistossa. Suunnittelutyön ovat pääasiallisesti suorittaneet Paul Knekt, Veikko Salovaara ja Runo Uusitalo. Myöhemmin työhön on osallistunut myös Matti Raekallio. Kenttämittaukset on pääasiallisesti suorittanut Erkki Suni. Bo Manns koordinoi liikenneanalyysin. ATK-suunnittelusta ja -käsittelystä ovat huolehtineet Jukka Pietiläinen, Anja Haapalahti, Marja Koski, Sirpa Merviö ja Virpi Kallio.



## 1. YHTEENVETO

Tierekisterin laadunvalvontatyö aloitettiin vuonna 1975 esitutkimuksella yhdessä piirissä, jonka jälkeen vuosina 1976-1978 suoritettiin koko maan kattava tutkimus. Valvonnan piirissä olivat tietolajit: tieosan pituus, mäkisyys, kaarteisuus, näkemäprosentti, kunta, ajoradan leveys, ajoradan päällyste, valaistus, pientareen leveys, liittymä ja silta. Tämän lisäksi tutkittiin tietolajien pyörätiet ja jalkakäytävät, liikennemäärä sekä kantavuus luotettavuus erillisissä tutkimuksissa. Varsinaisessa laadunvalvontatutkimuksessa mitattiin vuosittain noin 800 km maantieverkkoa.

Laadunvalvonnan tavoitteena oli toisaalta selvittää mittausmenetelmän, toisaalta tierekisterissä olevan tiedon luotettavuus. Mittausmenetelmän luotettavuuden arvioimiseksi suoritettiin erikoiskoulutuksen saanut ns. referenssimittaja toistomittauksia kentällä. Tierekisteritiedon luotettavuutta arvioitiin vertailemalla tierekisteritiedot referenssimittajan saamiin tuloksiin. Virheet, joita tällä tavalla saatiin kiinni, johtuivat joko puutteista päivitysjärjestelmässä tai epätarkkoista mittauksista.

Erikseen tarkasteltiin tietojen luokituksen, luokituksen vaihtumiskohtien havaitsemisen sekä vaihtumiskohtien sijainnin määräämisen luotettavuutta. Lisäksi selvitettiin luotettavuuden riippuvuutta eri tekijöistä.

Voitiin havaita, että luokituksen mittausmenetelmät ovat suhteellisen luotettavia. Eri tietolajien välillä esiintyy tästä huolimatta huomattavaa vaihtelua tierekisterin luotettavuudessa. Yhtä tietolajia lukuunottamatta luokituksen vaihtumiskohden esiintyvyyden havaitseminen voidaan luotettavasti suorittaa. Tierekisterissä esiintyi kuitenkin tältä osin epäluotettavia tietolajeja. Eri tietolajien luokituksen vaihtumiskohdan määrittelyyn ei periaattessa liittynyt epätarkkuuksia enempää kuin pituusmittauksen tarkkuus edellyttää. Tierekisterissä esiintyi kuitenkin suurempia eroja, mutta ne johtuivat kaikki heikommasta laadusta jollakin alueella. Referenssimittajan tulosten luotettavuus heikkeni vuonna 1978 muutamien tietolajien osalta.



Tietolajikohtaisesti voidaan todeta seuraavaa:

- Pituusmittaus, joka muodostaa rekisteröinnin perustan, on sekä mittausmenetelmän että tierekisterin sisällön osalta erinomainen.
- Mäkisyys ei ole laadultaan tierekisterissä paras mahdollinen. Mittausmenetelmä on kuitenkin huolellisesti käytettynä luotettava.
- Kaarteisuuden mittausmenetelmä on luotettava, mutta tierekisteritieto on laadultaan heterogeeninen.
- Näkemäprosentti on sekä menetelmänä että tierekisterissä hyväksikäytön kannalta riittävän luotettava.
- Kuntaluokituksen ja kunnan rajan havaitsemisen luotettavuus ovat täydelliset. Kunnan rajan sijainnin määrittely on yhtä luotettava kuin muiden tietolajien yleensä.
- Ajoradan leveyden vaihtumiskohtien havaitseminen nykyisellä tarkkuudella on vaikeaa. Keskimääräinen leveys voidaan kuitenkin määrittää suhteellisen luotettavasti. Tierekisterissä se on kuitenkin systemaattisesti liian kapea.
- Päällysteluokan arviointimenetelmä on kaikilta osin hyvä. Tierekisterin laatu oli suhteellisen heikko johtuen lähinnä siitä, että kaikkia kentällä tapahtuneita päällysteen parannuksia ei ole viety rekisteriin.
- Valaistuksen havaitseminen on yleensä ottaen luotettava. Etelä-Suomessa tierekisteristä kuitenkin puuttuu joitakin valaistuja osuuksia. Sijainnin määrittelyssä esiintyy tierekisterissä systemaattisia virheitä vuosina 1975-1976, muutoin tieto on hyvä.
- Pientareen leveyden vaihtumiskohdat voidaan melko luotettavasti havaita. Tierekisterin ja referenssin



välillä on kuitenkin heikko yhtäpitävyys. Pientareen leveyden luotettavuus tierekisterissä ei vastaa menetelmän edellyttämää laatua. Pientareet ovat tierekisterissä liian kapeat.

- Liittymien ja siltojen havaitsemisen ja luokituksen luotettavuus on erinomainen. Paria piiriä lukuunottamatta sijainnin määrittäminen onnistuu täydellisesti.
- Kaikkia pyöräteitä ja jalkakäytäviä ei ole viety tierekisteriin. Leveyttä lukuunottamatta luokitus on luotettava. Sijainnin määrittäminen on tarkka yhtä piiriä lukuunottamatta.
- Liikennelaskenta manuaalisesti suoritettuna on suoritettavissa tarkasti. Piirin laskentatulokset, jonka luotettavuus riippuu liikennemäärästä, laskentatuntien lukumäärästä ja laskentasuuntien lukumäärästä, on systemaattisesti liian suuri.
- Taipumamittausmenetelmä on luotettava. Tierekisteritiedon luotettavuus oli erään systemaattisen rekisteröintivirheen korjauksen jälkeen hyvä. Taipumakeskiarvojen muuttaminen kesä- ja kevätkauteksi heikensi tierekisterin ja referenssin välistä yhtäpitävyyttä.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että mittausmenetelmät yleensä ottaen ovat hyvät. Päivitusjärjestelmä puolestaan ei ilmeisesti ole kyennyt havaitsemaan kaikkia tiestössä tapahtuneita muutoksia. Joidenkin tierekisteritietojen taso edellyttää niiden uudelleenmittausta joillakin alueilla. Tätä varten tulisi tehdä jatkoselvittelyjä virheen sijainnin ja luonteen tarkentamiseksi. Tietojen laadunvalvonta on välttämätöntä ja valvonnan piirissä olevia tietolajeja tulisi lisätä. Referenssimittauksen laadun pysyvyys tulisi varmistaa.



## 2. JOHDANTO

Kerätessä tietoja määrättyä tarkoitusta varten tai muodostettaessa tietorekisteriä yleisempää käyttöä varten on jo pitkään aineiston tarkistus ja mahdollisten virheiden korjaus ollut rutiinitoimenpide. Tällä tavalla saadaan aikaan muodollisesti virheetön aineisto. Empiirisissä tutkimuksissa on kuitenkin voitu todeta, ettei juuri koskaan ole mahdollista suorittaa täysin virheetöntä mittausta, vaikka mittaustulos olisikin muodollisesti oikea. On näet voitu havaita, että mitatun tuloksen oikeellisuus riippuu useista eri tekijöistä. Tällaisia ovat mittauksen suorittaja, mittauslaite, mittausajankohta, mittausolosuhteet, mitattava kohde jne. Eri mittaajien tulokset voivat vaihdella koska mittaajilla on erilainen mittauskäytäntö. Saman mittaajan tulokset voivat myös vaihdella kerrasta toiseen esim. johtuen mittauskriteerien muuttumisesta. Onkin hyvin tavallista että kokemattomalla mittaajalla tapahtuu aluksi vaihtelua mittaustavassa kunnes määrätty rutiini on saavutettu. Mittauslaitteet poikkeavat usein toisistaan ja niissä voi tapahtua muutoksia käytön yhteydessä. Mittauskohde muuttuu myös usein ajankohdasta toiseen. Esimerkiksi tien kantavuudessa tapahtuu tien kulutuksesta johtuvia muutoksia tai kantavuus on erilainen eri vuodenaikoina.

Kun kysymyksessä on suuri aineisto, joka kerätään pitkän aikavälin puitteissa ja jonka keräykseen ja ylläpitoon, niinkuin tierekisterin laita on, on osallistunut useita mittaajia ja käytetty useita mittareita, on vaara ilmeinen että aineisto ei ole laadultaan homogeeninen. Tämän vaaran torjumiseksi on mittaajille laadittava yksikäsitteiset mittausohjeet ja heitä on toistuvasti koulutettava. Mittauslaitteisto on kalibroitava ja on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä standardisoimaan mittausolosuhteet. Siltä osin kun vaihtelua aiheuttavia tekijöitä ei voida hallita on pyrittävä randomisoimaan mittaajat ja mittarit. Mittaaja- ja mittaritunnukset on rekisteröitävä, jotta eroja voitaisiin huomioida analyysivaiheessa. Kaiken yllämainitun lisäksi tulisi kerätyn aineiston laatua jatkuvasti valvoa ja mahdollisuuksien mukaan olisi mahdolliset virheet eliminointava. Usein kaikkia epätarkkuuksia ei voida kuitenkaan eliminoida. Tällöin olisi virheen suuruus arvioitava.



Tierekisteriä muodostettaessa aineiston laatua ei varsinaisesti valvottu. Keräys tapahtui kuitenkin tarkkoja ohjeita noudattaen ja aineisto tarkistettiin rekisteröinnin yhteydessä sekä suoritettiin virhekorjaukset. Päivityksistä huolehtivaa henkilökuntaa koulutetaan jatkuvasti mutta itse päivitysaineiston laatua ei ole valvottu. Vuonna 1975 käynnistettiin kuitenkin ns. LAVA-projekti tehtävänään muodostaa käsitys mahdollisen pysyvän tierekisterin laadunvalvontajärjestelmän tarpeellisuudesta, mahdollisesti korjattavista tierekisteritiedoista sekä käytettyjen mittausmenetelmien käyttökelpoisuudesta. Projekti aloitettiin esitutkimuksena Mikkelin piirissä, jolloin tutkittiin tieteknisiä ja geometriatietoja. Siinä saatujen kokemusten perusteella päätettiin käynnistää koko maantieverkkoa kattavaa laadunvalvontamittausta. Mittaus tapahtui kolmen vuoden aikana järjestyksessä Keski-Suomi (vuonna 1976) Pohjois-Suomi (vuonna 1977) ja Etelä-Suomi (vuonna 1978).

Vuosina 1976 ja 1978 suoritettiin varsinaisen LAVA-projektin yhteydessä tutkimus pyörätie- ja jalkakäytävätietojen laadusta (ns. PYLAVA-projekti). Siinä arvioitiin ainoastaan rekisterissä olevan tiedon laatua.

Vuonna 1977 suoritettiin esitutkimuksena liikennelaskennan laaduntarkkailukoe ja vuonna 1978 työtä jatkettiin Uudenmaan piirissä tehdyllä tutkimuksella (ns. LILAVA-tutkimus). Tällöin arvioitiin laskentatulosten laatua sekä laadun riippuvuutta liikennemäärästä ja seurattavien laskentasuuntien määrästä.

Vuonna 1978 suoritettiin Uudenmaan, Turun ja Hämeen piireissä kantavuutta koskeva tutkimus (KALAVA-tutkimus), jossa arvioitiin kantavuusmittausmenetelmän ja rekisterissä olevan kantavuustiedon laatua sekä kantavuustiedon laadun riippuvuutta mittaushetkellä vallitsevista olosuhteista.



### 3. TAVOITTEET

Mittausmenetelmän ja rekisterissä olevan tiedon laadun arviointi perustuu validiteetin ja reliabiliteetin arviointiin.

Reliabiliteetilla tarkoitetaan mittausmenetelmän toistettavuutta kahdessa samoissa olosuhteissa suoritettussa mittauksessa ja validiteetilla menetelmän kykyä mitata mitattavaksi tarkoitettua asiaa. Niinpä hyvin reliabilin menetelmän ei tarvitse olla validi.

Reliabiliteetti arvioidaan tavallisesti joko saman mittausmenetelmän toistomittauksella tai kahden samanarvoisen mittausmenetelmän rinnakkaismittauksella. Validiteetti voidaan arvioida siten, että mittauksista, jonka validiteetista ollaan kiinnostuneita, verrataan totuutta edustavaan mittaukseen, ns. referenssimittaukseen. Referenssimittaja toimii tavallisesti kokenut tai erikoiskoulutuksen saanut henkilö. Referenssimittauksen tulos ei luonnollisestikaan ole identtinen todellisuuden kanssa, mutta on mahdollisimman lähellä sitä. Referenssin reliabiliteetti on usein tiedossa.

LAVA-projektin tavoitteena oli toisaalta arvioida mittausmenetelmän reliabiliteettia toisaalta arvioida rekisterissä olevan tiedon validiteettia. Reliabiliteetin arvioimiseksi referenssimittaja suoritti kentällä kaksi mittauksia, joiden tuloksia verrattiin keskenään. Koska toistomittaukset tapahtuvat lyhyen aikavälin puitteissa, antanevat saadut reliabiliteetit liian positiivisen kuvan toistettavuudesta. Validiteetin arvioimiseksi verrattiin ensimmäisen mittauksen tuloksia tierekisterissä olevaan tietoon.

PYLAVA-projektin tavoitteena oli rekisterissä olevan tiedon validiteetin arviointi. Tätä varten referenssimittaja suoritti mittauksia kentällä, joita verrattiin rekisterissä olevaan tietoon.

LILAVA-projektin tavoitteena oli arvioida laskentamenetelmän reliabiliteettia ja validiteettia sekä selvittää laskentaluoksen luotettavuuden riippuvuutta liikennemäärästä ja laskentasuuntien lukumäärästä. Varsinaisten liikennelaskijoiden suorit-



tamien laskentojen rinnalle TVH:n palkkaamat ulkopuoliset laskijat suorittivat saman laskennan. Lisäksi näiden tietämättä laskennan suoritti TVH:n ja Uudenmaan piirin henkilöistä muodostettu ammattitaitoinen referenssir ryhmä sekä liikennelaskentakone.

KALAVA-projektin tavoitteena oli arvioida paitsi tierekisteritietojen validiteettia kantavuusmittausmenetelmän reliabilitteettia ja validiteettia sekä tiedon luotettavuuden riippuvuutta mittausolosuhteista. Tätä varten suoritettiin mittauksia, joita verrattiin keskenään ja tierekisterissä olevaan tietoon.



#### 4. AINEISTO

##### 4.1 Tekniset ja geometriatiedot (LAVA)

Kenttämittaukset suoritettiin kolmivuotiskierroksena, siten että koko maata edustava otos tuli mitatuksi kerran kolmessa vuodessa. Kolmivuotisjakson mittausjärjestys on esitetty taulukossa 1. Otokseen valittiin vuosittain n. 800 km maantieverkkoa. Otos valittiin tieluokkiin nähden stratifioituna otoksena. Otos mitattiin kerran kokonaan ja n. 200 km toistomitattiin samana kesänä. Otokseen kuuluvien tieosien lukumäärät 1. ja 2. mittauskerroilla on esitetty taulukossa 1. Näin syntyi siis kolme aineistoa, joista kaksi koostuu kenttämittauksista ja kolmas tierekisteriin aikaisemmin viedyistä tiedoista.

Taulukko 1: Otos esitutkimuksessa vuonna 1975 sekä kolmivuotisjaksolla 1976-78

Vuosi	Piiri	Otoksen koko (tieosia)	
		1. mittaus	2. mittaus
1975	Mikkeli (06)	110	109
1976	Pohjois-Karjala (07), Kuopio (08)	156	43
	Keski-Suomi (09), Vaasa (10), Keski-Pohjanmaa (11)		
1977	Oulu (12), Kainuu (13), Lappi (14)	143	38
1978	Uusimaa (01), Turku (02), Häme (04), Kymi (05)	164	49
1976-1978	Koko maa	463	130

Otosta mittasi kentällä erikoiskoulutuksen saanut ns. referenssimittaja. Tieräkisterissä olevista tiedoista geometriatiedot on mitattu TVH:n ja muut tiedot piirien toimesta.

Seuraavat tietolajit mitattiin: Tieosan pituus, mäkisyysluku, kaarteisuusluku, näkemäprosentti, kunta, ajoradan päällyste, valaistus, ajoradan leveys, pientareen leveys, liittymä ja silta.



#### 4.2 Pyörätiet ja jalkakäytävät (PYLAVA)

Varsinaisen LAVA-mittauksen lisäksi mitattiin vuosina 1976 ja 1978 pyörätie- ja jalkakäytävätietoja satunnaisesti valitulta 70 tieosalta varsinaiseen LAVA-otokseen tulleiden teiden varsilta. Aineisto mitattiin kerran kentällä ja tuloksia verrattiin tierekisterin sisältöön.

#### 4.3 Liikenne (LILAVA)

Samassa yhteydessä, kun Uudenmaan piirin laskijat suorittivat konelaskentapisteissä koostumuslaskentoja vuonna 1978 järjestettiin tutkimus liikennemäärätiedon laadun arvioimiseksi. Rinnan piirien varsinaisten laskijoiden kanssa laskivat ulkopuoliset laskijat, referenssilaskijat sekä laskentakone yhteensä 194 tuntia. Laskentatapahtumasta rekisteröitiin laskijatunus ja seurattavat laskentasuunnat huomioitaviksi analyysissä. Näin syntyi samoista laskentatunneista neljä tietoa. Erillisessä aineistossa arvioitiin tulosten luotettavuuden riippuvuutta laskentatunnin järjestyksestä.

#### 4.4 Kantavuus (KALAVA)

Vuonna 1978 tehtiin Uudenmaan, Turun ja Hämeen piireissä kantavuuden laadunarviointitutkimus yhteensä 86 tieosalla. Mittauksista osa suoritettiin kahdesti samoissa pisteissä mittaussuunnitelman reliabiliteetin arvioimiseksi ja kahdesti samoilla tieosilla mutta eri pisteissä ja eri päivinä menetelmän validiteetin arvioimiseksi. Mittaustuloksia verrattiin tierekisteritietoon. Mittaustapahtumasta kerättiin seuraavia tietoja: Mittaajatunus, piiri, tielaji, ajankohta (viikontähti, kellonaika), päällystelaji, päällysteen paksuus, päällysteen lämpötila, ajoradan leveys, pientareen leveys, rakennettu/rakentamaton, penger/leikkaus, sivukaltevuus, tienpinnan pituuskaltevuus, ilman lämpötila, aurinkoisuus, tuuli ja maastotyyppi.



## 5. MENETELMÄT

### 5.1 Mittausmenetelmät

Seuraavassa esitetään tutkimuksen piiriin valittujen tietolajien ominaisuuksia. Joistakin tietolajeista valvottiin vain osa rekisterissä olevasta tietomäärästä. Esimerkiksi päälysteestä tarkasteltiin vain kolmea pääluokkaa. Tässä esitellään vain tutkimuksen piiriin otettu tietomäärä.

**Tieosan pituus:** Tierekisterin osoitejärjestelmä perustuu tie- ja tieosanumerointiin ja tieosien pituuden tunteminen on näin ollen edellytyksenä koko tierekisterin toiminnalle. Pituusmittaus suoritetaan tieosittain henkilöautolla, joka on varustettu tarkkuusmittarilla. Tieosan pituus on korkeintaan 10 km. Tieosien jakopisteet ovat sellaisissa tiekohdissa, joiden paikallistaminen maastossa on mahdollista. Jakopisteinä on näin muodoin käytetty liittymiä, siltoja, kunnanrajoja jne.

**Mäkisyysluku:** Mittaus tapahtuu siten, että jokaisessa notkossa ja jokaisella mäen harjalla rekisteröidään barometriarvo. Näiden arvojen perusteella muodostetaan tieosakohtainen mäkisyysluku jakamalla korkeuserojen summa tieosan pituudella.

**Kaarteisuusluku:** Kaarteisuus mitataan gyroskoopilla. Havaittujen arvojen perusteella muodostetaan tieosakohtainen kaarteisuusluku jakamalla kaarteiden keskuskulmien astelukujen summa tieosan pituudella.

**Näkemäprosentti:** Näkemämittauksilla selvitetään, kuinka pitkälle tieosan kustakin pisteestä näkee yhtäjaksoisesti eteenpäin. Mittaus tapahtuu kahdella mittausautolla ja autojen välinen etäisyys kertoo näkemäpituuden. Rekisteröidään tieosakohtaisesti yli 150 metrinen yli 300 metrinen ja 460 metrinen näkemien prosentuaalinen osuus tieosan pituudesta.

**Kunnan raja:** Kunnanrajat on yleisimmin merkitty maastoon mm. teiden varsille sijoitetuilla rajaviitoilla. Rekisteröidään rajan sijainti metreinä tieosan alkupisteestä ja kunnan tunnus.



Ajoradan leveys: Ajoradan leveydellä tarkoitetaan tien ajoneuvoliikenteelle tarkoitettun osan leveyttä. Leveystieto mitataan 0.1 metrin tarkkuudella. Leveys vaihtelee tavallisesti 4.0 ja 12.0 metrin välillä. Rekisteröidään leveyden vaihtumiskohdan sijainti metreinä tieosan alkupisteestä ja havaittu leveys.

Ajoradan päällyste: Ajoradan päällystelajit havainnoidaan kolmena luokkana (10 = kestopäällyste, 20 = kevyt päällyste, 30 = sorapäällyste). Rekisteröidään päällysteen luokan vaihtumiskohdan sijainti metreinä tieosan alkupisteestä ja havaittu päällysteluokka.

Valaistus: Valaistuksi tieosuudeksi katsotaan huomattavammalla matkalla valaisimin varustettu tieosuus, (valaisimia > 4 kpl tai pituus > 200 m). Valaistuksesta rekisteröidään alkamis- ja päättymiskohdan osoite.

Pientareen leveys: Pientareella ymmärretään normaalisti sitä ajotien osaa, joka jää ajoradan ja luiskan väliin. Pientareen leveys mitataan 0.1 metrin tarkkuudella erikseen tien kummaltakin puolelta. Rekisteröinti tapahtuu samalla tavalla kuin ajoradan leveyden inventoinnissa. Leveys vaihtelee tavallisesti 0.1 ja 2.0 metrin välillä.

Liittymä ja risteys: Kukin liittymä ja risteys inventoidaan erikseen. Määritellään liittymän sijainti, liittymän päätien numero ja liittymäluokka (1 = tasoliittymä, 2 = y-liittymä, 3 = eritasoliittymä, 4 = liikenneympyrä, 5 = eritasoristeys).

Silta: Rekisteröidään TVL:n omistamat, kunnossapitämät ja koristaisissaan numeroimat sillat. Silloista inventoidaan sillan sijainti metreissä tieosan alusta, sillan numero ja sillan käyttötarkoitus (1 = vesistösilta, 2 = ylikulkusilta, 3 = alikulkusilta, 4 = rautatiesilta, 5 = ylikulkukäytävä, 6 = alikulkukäytävä).

Pyörätiet ja jalkakäytävät: Ne pyörätiet ja jalkakäytävät, jotka sijaitsevat yleiseen tiehen nähden siten, että niiden voidaan katsoa hoitavan kyseisen tien keveyn liikenteen. Tarkastellaan



tiedon alku- ja loppupiste erikseen tien molemmilla puolilla, yhdistelmätyyppi (pyörätie, jalkakäytävä, molemmat), pyörätien ja jalkakäytävän liittyminen toisiinsa (yhdessä, eroteltu reunakivellä ja/tai välikaistalla, eroteltu sivuojalla), ajorataan liittyminen (ajorataan liittyvä, ei korotettu; ajorataan liittyvä, korotettu, erillinen), leveys 0.1 metrin tarkkuudella sekä tieluokka/tienpitäjä.

Liikenne: Tarkasteltiin tuntikohtaista liikennemäärää, erikseen kevyet ja raskaat ajoneuvot.

Kantavuus: Mitataan tieosan sisällä kymmenessä satunnaisesti valitussa pisteessä taipuma kahdesti Benkelmanpalkilla. Piste-kohtaisten keskiarvojen perusteella muodostetaan tieosakohtainen keskimääräinen taipuma-arvo. Muodostetaan myös tiekohtaisten arvojen hajonnan osuus taipumakeskiarvosta. Muodostetaan päällysteen lämpötilalla korjatut kesäkantavuusarvot sekä lisäksi vuodenaikaisvaihtelulla korjatut kevätkantavuusarvot.

## 5.2 Tarkasteltavat tekijät

Tietolajit rekisteröidään joko tieosittain osoitteenaan tie- ja tieosanumero tai etäisyyteen sidottuna tieosan sisällä. Etäisyyteen sidotut tiedot ovat joko pistekohtaisia (esim. silta) tai välikohtaisia (esim. päällyste). Välikohtaisista tietolajeista rekisteröidään luokituksen alku- ja loppupisteet.

Virheet voivat esiintyä joko tietolajin osoite- tai luokitusosassa. Osoiteosassa esiintyvät virheet ovat joko pituusmittausvirheitä taikka tiedon olemassaolon havainnointiin liittyviä virheitä. Nämä virheet voivat syntyä siitä, että pistettä ei havaita, tai pisteen sijainnin määrittely ei ole yksikäsitteistä. Luokitusosassa esiintyvät virheet johtuvat virheellisestä tiedon luokituksesta. Virheet tierekisterissä ovat syntyneet joko perusinventoinnissa tai päivityksen yhteydessä.

Tilastollista käsittelyä varten on aina määriteltävä perusyksikkö, jonka suhteen mittaukset suoritetaan. Tällaisia ovat esimerkiksi tieosa ja luokituksen vaihtumiskohta. Näin esimerkiksi otokseen kuuluvat tieosat, liittymät tai päällysteen vaih-



tumiskohdat muodostavat käsiteltävän aineiston. Yhtä tällaista perusyksikköä kutsutaan tapaukseksi.

Aineiston analyysissä tarkastellaan eri mittauskertojen välistä yhtäpitävyyttä tiedon luokitusosan, luokituksen vaihtumiskohtien sijainnin ja luokituksen vaihtumiskohtien tieosakohtaisen lukumäärän suhteen.

Tiedon luokitusosan yhtäpitävyyttä tarkasteltaessa erotellaan toisistaan jatkuva-arvoiset ja luokkamuuttujat. Jatkuva-arvoisia muuttujia ovat tieosan pituus, mäkisyys, kaarteisuus, näkemät, tieosakohtaiset pientareen ja ajoradan sekä pyöräteiden ja jalkakäytävien leveyskeskiarvot, kantavuus sekä liikennemäärä. Luokkamuuttujia ovat tietolajit kunta, päällyste, valaistus, pyörätie ja jalkakäytävä, silta sekä liittymä. Luokitusosan yhtäpitävyydellä tarkoitetaan molemmilla mittauskerroilla esiintyvien luokituksen saaman arvon yhtäpitävyyttä.

Luokituksen vaihtumiskohtien sijainnin yhtäpitävyyttä arvioitaessa verrataan molemmilla kerroilla esiintyvien vaihtumiskohlien (esiintymiskohtien) metrilukemia. Näiden avulla arvioidaan mahdolliset siirtymävirheet tieosan sisällä. Näihin sisältyy pituusmittausvirhe (josta on saatu arvio tieosan pituuden mittausvirheestä) sekä tarkastelun kohteena olevan tietolajin vaihtumiskohdan määrittelyssä esiintyvä virhe. Vaihtumiskohtaan liittyvä virhe on näin ollen arvioitavissa pituusmittausvirheen avulla. Tarkastellaan tietolajit kunta, päällyste, valaistus, silta, liittymä sekä pyörätiet ja jalkakäytävät.

Luokituksen vaihtumiskohtien esiintyvyyden yhtäpitävyyttä arviotaessa lasketaan tietolajeille kunta, ajoradan leveys, pientareen leveys, päällyste, valaistus sekä pyörätie ja jalkakäytävä luokituksen vaihtumiskohtien esiintymispisteiden lukumäärä tieosaa kohti. Liittymän osalta tarkastellaan risteävän tien numeron ja sillan osalta siltanumeron yhtäpitävyyttä. Esiintyvyys mittaa virheitä, jotka johtuvat vaihtumiskohdan havaitsemattomuudesta tai siirtymisestä toiselle tieosalle.



### 5.3 Tilastolliset menetelmät

Validiteettia ja reliabiliteettia arvioitaessa on tarkoituksenmukaista erottaa toisistaan tapaukset, joissa mitattava muuttuja on kvantitatiivinen (esim. tieosan pituus) ja jossa se on kvalitatiivinen (esim. liittymäluokka).

#### 5.3.1 Kvantitatiiviset muuttujat

Kvantitatiivisten muuttujien validiteetin ja reliabiliteetin arvioimiseksi aineisto järjestetään taulukon 2 mukaisesti, missä  $X_{ij}$  on  $i$ :nnen ( $i = 1, \dots, N$ ) tapauksen  $j$ :nnen ( $j = 1, 2$ ) mittauksen mittauskerran mittausulos.

Taulukko 2: Kvantitatiivisen muuttujan mittauskerran tulokset

Tapaus (i)	Mittaus 1		Mittaus 2	
	(j)			
1	$X_{11}$	$X_{ij}$	$X_{12}$	
:	:		:	
N	$X_{N1}$		$X_{N2}$	

Kun taulukossa 2 esitetyt mittauskerran tulokset sijoitetaan koordinaatistoon, saadaan visuaalinen kuva mittauskertojen välisistä yhteyksistä. Kuvassa 1 on esitetty esimerkkejä erilaisista esiintyvistä tilanteista.

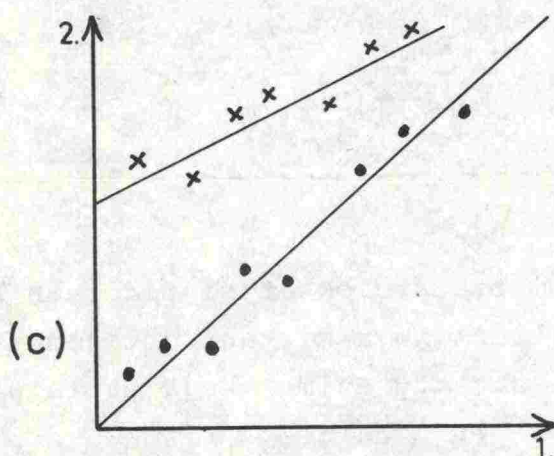
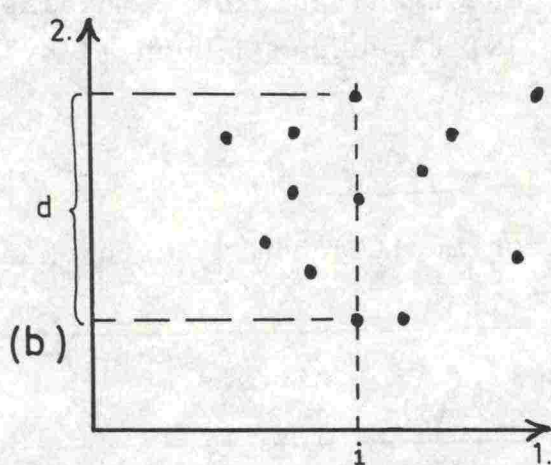
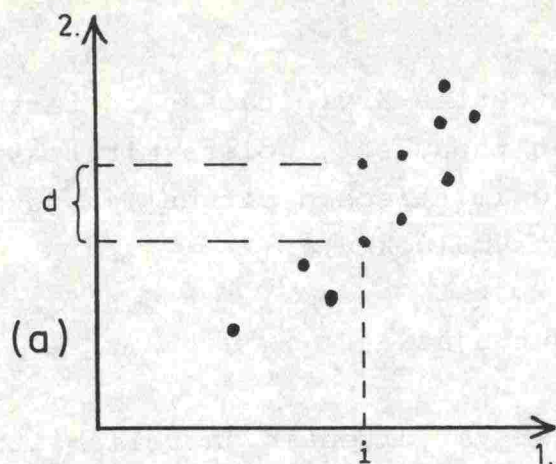
Aineistoa kuvaavia tunnuslukuja ovat mittauskerran keskiarvo

$$\bar{x}_{.j} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_{ij} \quad (j = 1, 2)$$

ja standardipoikkeama

$$sd_j = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_{ij} - \bar{x}_{.j})^2 \quad (j = 1, 2)$$

Kuva 1: Kvantitatiivisen muuttujan kahden mittauskerran tulosten yhtäpitävyys



- (a) Toistettavuus on suhteellisen hyvä, koska vaihtelu ( $d$ ) 2. mittauskerralla on 1. mittauskerran mielivaltaisella tasolla  $i$  suhteellisen pieni.
- (b) Toistettavuus on heikko.
- (c) Taso on sama molemmilla mittauskerroilla ( $\cdot$ ). Taso on korkeampi toisella mittauskerralla. Tasoero riippuu lisäksi muuttujan arvosta ( $x$ ).



Taulukossa 2 esitetyn aineiston perusteella voidaan reliabiliteettikerroin estimoida varianssianalyysin avulla. Oletetaan, että j:nen mittauskerran tulos i:nnellä tapauksella noudattaa mallia

$$X_{ij} = m + a_i + e_{ij}$$

Missä  $m$  = kokonaiskeskiarvo,  $a_i$  = i:nnen tapauksen poikkeama kokonaiskeskiarvosta ja  $e_{ij}$  on mittausvirhe. Oletetaan lisäksi, että  $a_i$  on normaalijakautunut keskiarvolla nolla ja varianssilla  $b_a^2$ , että  $e_{ij}$  on normaalijakautunut keskiarvolla nolla ja varianssilla  $b_e^2$ , sekä että se on riippumaton  $a_i$ :sta. Aineisto voidaan tällöin ryhmitellä varianssianalyysiä varten taulukon 3 muotoon.

Taulukko 3: Varianssianalyysi

Vaihtelulähde	Vapausaste (f)	Neliösumma (ss)	Keskine-liö (ss/f)	Odotettu keskineliö
Tapausten välillä	N-1	$2 \sum_{i=1}^N (\bar{X}_i - \bar{X}_{..})^2$	BMS	$b_e^2 + 2b_a^2$
Tapausten sisällä	N	$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^N (x_{i1} - x_{i2})^2$	EMS	$b_e^2$
Yhteensä	2N-1	$\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^2 (x_{ij} - \bar{X}_{..})^2$		

Reliabiliteettikerroin on (Winer 1971)

$$R = \frac{b_a^2}{b_e^2 + b_a^2} = \frac{\text{BMS} - \text{EMS}}{\text{BMS} + \text{EMS}}$$



Kerroin ilmoittaa tapausten välisen varianssin osuuden kokonaisvariانسsista. Reliabiliteettikerroin vaihtelee nollan ja yhden välillä. Se saa arvon 0 silloin kun koko varianssi koostuu satunnaisesta komponentista ( $BMS = EMS$ ), eli yhteyttä mittauskertojen välillä ei ole ja arvon 1 kun satunnaista komponenttia ei ole ( $EMS = 0$ ) eli kun yhtäpitävyys kertojen välillä on täydellinen.

Toisena reliabiliteetin mittana on käytetty vaihtelukerrointa (Hald 1952).

$$CV = \frac{s}{\bar{x}}$$

missä

$$s^2 = \frac{1}{2N} \sum_{i=1}^N (x_{i1} - x_{i2})^2$$

on virhevariانسsi ja  $\bar{x}$  on kokonaiskeskiarvo.

Vaihtelukerroin kuvaa virhehajonnan suhteellista osuutta aineiston kokonaiskeskiarvosta. Näin ollen, kun  $s^2$  on pieni myös CV on pieni ja kun  $s^2$  kasvaa, niin myös CV kasvaa. Yhteys mittauskertojen välillä on siis parempi, mitä pienempi CV on. Approksimaatiivisesti normaalijakautuneen vaihtelukertoimen variانسsi on

$$V^2(CV) = \frac{CV^2}{2(N-1)} (1 + 2CV^2)$$

Mahdollosia systemaattisia tasoeroja mittauskertojen välillä on estimoitu mittauskertojen välisen erotuksen keskiarvon

$$\bar{\bar{x}} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (x_{1j} - x_{2j})$$

avulla. Erotuksen poikkeamaa nolasta, eli systemaattisen tasoeron esiintymistä on testattu parittaisella t-testillä,

$$t = \frac{\Delta \bar{\bar{x}}}{s_{\Delta}}$$

missä

$$s_{\Delta} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ((x_{i1} - x_{i2}) - \Delta \bar{\bar{x}})^2$$



Vaihtoehtoisena tapana arvioida systemaattisia eroja mittauskertojen välillä on käytetty seuraavaa mallia: Oletetaan, että havaitut arvot  $X_{i1}$  ja  $X_{i2}$  voidaan kirjoittaa

$$\begin{cases} X_{i1} = U_i + \varepsilon_{i1} \\ X_{i2} = V_i + \varepsilon_{i2} \end{cases}$$

missä  $U_i$  ja  $V_i$  ovat teoreettiset (= todelliset) arvot sekä  $\varepsilon_{i1}$  ja  $\varepsilon_{i2}$  ovat mittausvirheitä. Virheet  $\varepsilon_{ij}$  oletetaan normaalijakautuneiksi parametreillä 0 ja  $\sigma^2$ . Teoreettiset arvot oletetaan riippuvan toisistaan lineaarisesti

$$V_i = \beta \cdot u_i + \alpha$$

Tehtävänä on estimoida mallin parametrit  $\alpha$  ja  $\beta$  sekä todeta mikä malleista

- (1)  $V_i = U_i$
- (2)  $V_i = U_i + \alpha$
- (3)  $V_i = \beta \cdot u_i$
- (4)  $V_i = \beta \cdot u_i + \alpha$

parhaiten kuvaa aineistoa. Mallit (1) - (4) ovat ns. lineaarisia funktionaalisia riippuvuuksia (Johnston 1969, Sprent 1969). Poiketen havaittujen arvojen välisiä riippuvuuksia selitettävistä regressiomalleista nämä kuvaavat todellisten arvojen välisiä yhteyksiä. Malli (1) merkitsee, että tulokset ovat identtiset molemmilla mittauskerroilla. Mallissa (2) esiintyy vakiosuuruinen tasoero mittauskertojen välillä yli koko tarkastellun arvoalueen. Mallissa (3) esiintyy prosenttuaalinen tasoero mittauskertojen välillä. Mallissa (4) esiintyvät sekä mallin (2) että mallin (3) tasoerot. Lineaarista regressioanalyysiä ei voida käyttää mallien (3) - (4) estimointiin tai testaamiseen, koska siinä selittävän muuttujan havaitun arvon  $u$  mittausvirheet väärin vaikuttavat parametria  $\beta$ . Esimerkiksi  $\beta$  ei saisi arvoa 1, vaikka verrattavat mittausmenetelmät olisivat identtiset.



Suurimman uskottavuuden estimaatit parametreille  $\alpha$  ja  $\beta$  mallissa (4) voidaan kirjoittaa

$$\hat{\beta} = \theta + \sqrt{\theta^2 + 1}$$

$$\hat{\alpha} = \bar{x}_{.2} - \hat{\beta} \bar{x}_{.1}$$

missä

$$\theta = \left\{ \sum (x_{i2} - \bar{x}_{.2})^2 - \sum (x_{i1} - \bar{x}_{.1})^2 \right\} / 2 \sum (x_{i1} - \bar{x}_{.1}) (x_{i2} - \bar{x}_{.2})$$

Mallissa (3) on vastaava estimaatti

$$\beta^2 = \theta + \sqrt{\theta^2 + 1}$$

missä

$$\theta = \left( \sum x_{i2}^2 - \sum x_{i1}^2 \right) / 2 \sum x_{i1} x_{i2}$$

Virhevarianssit eri malleille voidaan kirjoittaa

$$(1^1) \quad s^2 = \sum (x_{i1} - x_{i2})^2 / 2N$$

$$(2^1) \quad s^2 = \left\{ \sum (x_{i1} - x_{i2})^2 - N (\bar{x}_{.1} - \bar{x}_{.2})^2 \right\} / 2 (N-1)$$

$$(3^1) \quad s^2 = \left\{ \sum x_{i2}^2 - 2 \hat{\beta} \sum x_{i1} x_{i2} + \hat{\beta}^2 \sum x_{i1}^2 \right\} / (1 + \hat{\beta}^2) \quad (N-1)$$

$$(4^1) \quad s^2 = \left\{ \sum (x_{i2} - \bar{x}_{.2})^2 - 2 \hat{\beta} \sum (x_{i1} - \bar{x}_{.1}) (x_{i2} - \bar{x}_{.2}) + \hat{\beta}^2 \sum (x_{i1} - \bar{x}_{.1})^2 \right\} / (1 + \hat{\beta}^2) \quad (N-2)$$

missä jokaisen mallin neliösumma on jaettu vapausasteillaan. Mallien (1) - (4) sopivuus aineistoon testataan normaaliin tapaan vertailemalla neliösummia F-testillä. Tämä testi on kuitenkin, koska mallit eivät ole lineaarisia, ainoastaan approksimatiivinen (Draper ja Smith 1966).



Reliabiliteetin ja validiteetin riippuvuuden arvioimiseksi eri taustatekijöistä (esim. mittausolosuhteista) käytettiin MCA-analyysia (Anderew yms. 1967). Malli on muotoa

$$y_{ij}... = m + \alpha_i + \beta_j + \dots + \varepsilon_{ij}..$$

missä  $y_{ij}$  on riippuva muuttuja,  $m$  on koko aineiston keskiarvo  $\alpha_i, \beta_j, \dots$  edustavat eri selittävien muuttujien vaikutuksia ja  $\varepsilon_{ij}...$  on virhetekijä.

Selitettävänä muuttujana ( $Y$ ) pidettiin joko kertojen välinen absoluuttinen erotus tai erotuksen suhteellinen osuus mittausarvosta. Selittäjinä käytettiin ne taustamuuttujat, joita oletettiin olevan yhteydessä yhtäpitävyyteen. Kaikki selittäjät käsiteltiin kvalitatiivisina muuttujina. Malli tuottaa arvion siitä, kuinka paljon määrätty taustatekijä selittää selitettävän muuttujan vaihtelusta vakioimattomassa tilanteessa ja tilanteessa, jolloin muiden taustatekijöiden vaikutusta on vakioitu. Menetelmä tuottaa jokaisen taustatekijän eri luokissa mittausarvojen välisen erotuksen keskiarvo alkuperäisenä ja muiden taustatekijöiden suhteen vakioituna.

### 5.3.2 Kvalitatiiviset muuttujat

Kvalitatiivisten muuttujien validiteetin ja reliabiliteetin arvioinnin yhteydessä on tarkoituksenmukaista esittää aineisto taulukon 4 mukaisesti, missä jokaisen tapauksen mittausarvo sijoitetaan yhteen  $m$ :stä toisensa poissulkevasta luokasta ja missä  $n_{ij}$  = tapausten lukumäärä, jotka sijoittuvat luokkaan  $i$  ensimmäisellä mittauskerralla ja luokkaan  $j$  toisella mittauskerralla.



Taulukko 4: Aineisto kvalitatiivisen muuttujan tapauksessa

		2. mittaus			
		1	·	·	m
1. mittaus	1	$n_{11}$	·	·	$n_{1m}$
	·	·	$n_{ij}$	·	·
	·	·	·	·	·
	·	·	·	·	·
	m	$n_{m1}$	·	·	$n_{mm}$
yht.		$n_{.1}$	·	·	$n_{.m}$
		$n_{..}$	·	·	$n_{..}$

Sekä validiteettia että reliabiliteettia kuvaavina tunnuslu-  
kuina käytetään sekä yhtäpitävyyssuhdetta että sisäistä korre-  
laatiokerrointa kappa (Fleiss 1973). Yhtäpitävyyssuhde

$$PO = \frac{n_{11} + \dots + n_{mm}}{n_{..}}$$

on molemmilla mittauskerroilla yhtäpitävästi luokiteltujen ha-  
vaintojen osuus kaikista havainnoista. Tunnusluvun heikkoutena  
on, että se sisältää myös sattuman aiheuttamaa yhtäpitävyyttä.  
Tunnusluku, josta sattuman vaikutus on poistettu, on sisäinen  
korrelaatiokerroin kappa

$$\kappa = \frac{PO - PC}{1 - PC}$$

missä

PO = havaittu yhtäpitävyyssuhde

PC = sattumalta yhtäpitävien osuus

$$PC = \frac{1}{n_{..}^2} \sum_{j=1}^m n_{i.} \cdot n_{.j}$$

Näin kappa saa muodon

$$\kappa = \frac{n_{..} \sum n_{ij} - \sum n_{i.} \cdot n_{.j}}{n_{..}^2 - \sum n_{i.} \cdot n_{.j}}$$



Kappa voi saada arvoja  $+1:n$  ja  $-1:n$  välillä. Kun havaittu yhtäpitävyys on sama kuin sattuman aiheuttama yhtäpitävyys, on  $\kappa = 0$ . Sattumaa suurempi yhtäpitävyys johtaa positiivisiin  $\kappa$ -arvoihin. Maksimiarvo  $+1$  esiintyy vain silloin, kun yhtäpitävyys on täydellinen. Negatiivinen arvo merkitsee, että yhtäpitävyys on pienempi kuin sattuman aiheuttama. Isoilla otoksilla kappan otosjakauma on likimain normaalisti jakautunut, mitä on käytetty hyväksi merkitsevyystestauksessa (Cohen 1960 Fleiss ym. 1969). Konfidenssivälit lasketaan kaavalla

$$\kappa \pm z \sqrt{\text{var}(\kappa)}$$

missä

$$\text{Var}(\kappa) = \frac{1}{n_{..}(1-PC)^2} (PC+PC^2 - \sum_{i=1}^m \frac{n_{i.} \cdot n_{.j}}{n_{..}^3} (n_{i.} + n_{.j}))$$

Hypoteesi  $\kappa = 0$  testataan kaavalla

$$z = \frac{\kappa}{\sqrt{\text{var}(\kappa)}}$$

Eräs huomionarvoinen seikka on, että kappa määräytyissä olosuhteissa on yhtäpitävä kvantitatiivisten muuttujien reliabiliteettikertoimen  $R$  kanssa.

Taulukossa 5 aineisto on luokiteltu referenssin ja tierekisterin mukaan tilanteessa, jolloin esiintyy vain kaksi luokkaa.

Taulukko 5: Kaksiluokkainen aineisto luokiteltu referenssin ja tierekisterin mukaan

Referenssi	Tierekisteri		
	+	-	yht
+	$n_{11}$	$n_{12}$	$n_{1.}$
-	$n_{21}$	$n_{22}$	$n_{2.}$
yht	$n_{.1}$	$n_{.2}$	$n_{..}$



validisuuden mittareina käytetään herkkyyttä ja tarkkuutta sekä Youndenin indeksiä (Youden 1950). Herkkyyden estimaattori on

$$S_1 = \frac{n_{11}}{n_{.1}}$$

ja tarkkuuden estimaattori

$$S_2 = \frac{n_{22}}{n_{.2}}$$

Youndenin indeksin estimaattori on

$$J = S_1 + S_2 - 1$$

Tasoeroja referenssin ja tierekisterin välillä testataan McNemarin testillä (Armitage 1971)

$$\chi^2_1 = \frac{(|n_{12} - n_{21}| - 1)^2}{n_{12} + n_{21}}$$

Testattaessa systemaattisten erojen tilastollista merkitsevyyttä ilmoitetaan P-arvot 0,05:n, 0,01:n ja 0,001:n tasolla. Tämä merkitsee sitä, että 5 %:n, 1 %:n ja 0,1 %:n todennäköisyydellä havaitaan systemaattisia eroja vaikka niitä todellisuudessa ei ole.

#### 5.4 ATK-menetelmät

Varsinaisessa LAVA-tutkimuksessa otos haetaan vuosittain tierekisteristä ja viedään magneettinauhalle. Otokseen kuuluvissa tiekohteissa suoritetaan laadunvalvontamittauksia kentällä. Keräys tapahtuu samoja ohjeita noudattaen kuin varsinaisissa tierekisterimittauksissa. Kerätyt tiedot syötetään tierekisterinmuotoiseen tiedostoon. Syötön yhteydessä tiedot altistetaan tierekisterin päivityksen mukaisiin tarkistuksiin ja virhekorjauksiin. Korjausten jälkeen kentältä kerätty aineisto ja tierekisteristä haettu aineisto yhdistetään samaksi tiedostoksi. Näin muodostettu tiedosto sisältää samat kohteet kaksi tai kolme kertaa riippuen siitä onko kentällä suoritettu toistomittauksia vai ei.



Muodostetun tiedoston heikkoutena jatkokäsittelyn kannalta on se, että tiealueella on tierekisterin suhteellisen komplisoitu muoto. Jotta valmiita tilasto-ohjelmapaketteja voidaan mahdollisimman helposti soveltaa aineistoon, muokataan tietue standardimuotoiseksi. Tällöin syntyy kaksi eri tiedostoa, toinen on tieosakohtainen ja toinen pistekohtainen. Tieosakohtaisessa tiedostossa on tieosaa kohti kolme tietuetta yksi jokaista mittausta kohti. Tietueeseen viedään tieosakohtaisten tietojen (tieosan pituus, mäkisyys, kaarteisuus ja näkemät) arvot. Lisäksi siihen lasketaan ajoradan ja pientareen keskimääräinen leveys sekä tietolajien kunta, päällyste, valaistus, ajoradan leveys, pientareen leveys vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti. Pistekohtaisessa tiedostossa on vastaavasti jokaisessa pisteessä kolme tietuetta tietolajia kohti. Pistetiedostoon viedään pistekohtaisten ja välikohtaisten tietolajien luokitusosassa olevat arvot. Tämä koskee tietolajeja kunta, päällyste, liittymä, silta, pientareen leveys ja ajoradan leveys. Lisäksi tietueeseen viedään luokituksen vaihtumiskohta tietolajeista kunta, päällyste, valaistus, ajoradan leveys, pientareen leveys, silta ja liittymä.

Muissa sovellutyksissä (PYLAVA, LILAVA, KALAVA) muodostetaan suoraan tietojen syöttövaiheessa rekisteriin standardimuotoinen tietue. Analyysissä käytetään ohjelmapaketista OSIPIS ohjelmat SCAT, TABLES-BIVA ja MCA. Ohjelmaa SCAT käytetään kvantitatiivisten muuttujien käsittelyssä. Ennen käyttöä ohjelmaan viedään reliabiliteettikertoimen laskukaavat. Ohjelmaa TABLES-BIVA käytetään kvalitatiivisten muuttujien käsittelyssä. Ohjelmaan viedään kappaluvun laskukaavat. Yhtäpitävyyden riippuvuus eri taustakijöistä analysoidaan ohjelmalla MCA.



## 6. TULOKSET

### 6.1 Tieosan pituus

Hyvin keskeinen merkitys tierekisteritietojen inventoinnissa on pituusmittauksella, koska se esiintyy komponenttina hyvin monessa tietolajissa. Pituusmittauksessa mahdollisesti esiintyvän virheen koon arvioimiseksi tarkasteltiin tieosien pituuksia. Mittausmenetelmän reliabiliteetti (=referenssimittauksen toistettavuus) ja tierekisteritiedon validiteetti (=tierekisteritiedon ja referenssimittauksen yhtäpitävyys) on esitetty koko maan osalta taulukossa 6 ja kuvassa 2. Sekä reliabiliteetti, että validiteetti ovat erinomaiset (CV = 0.1 % ja 0.4 %) eikä tilastollisesti merkitseviä tasoeroja eri mittauskertojen välillä voitu havaita.

Taulukko 6: Tieosan pituuden mittausmenetelmän reliabiliteetti ja tierekisteritiedon validiteetti koko aineistossa (N = tieosien lukumäärä,  $\bar{X}$  = tieosien keskimääräinen pituus metreissä referenssimittauksessa,  $\Delta\bar{X}$  = mittauskertojen keskiarvojen erotus metreissä, CV = vaihtelukerroin prosenteissa, R = reliabiliteetti-kerroin)

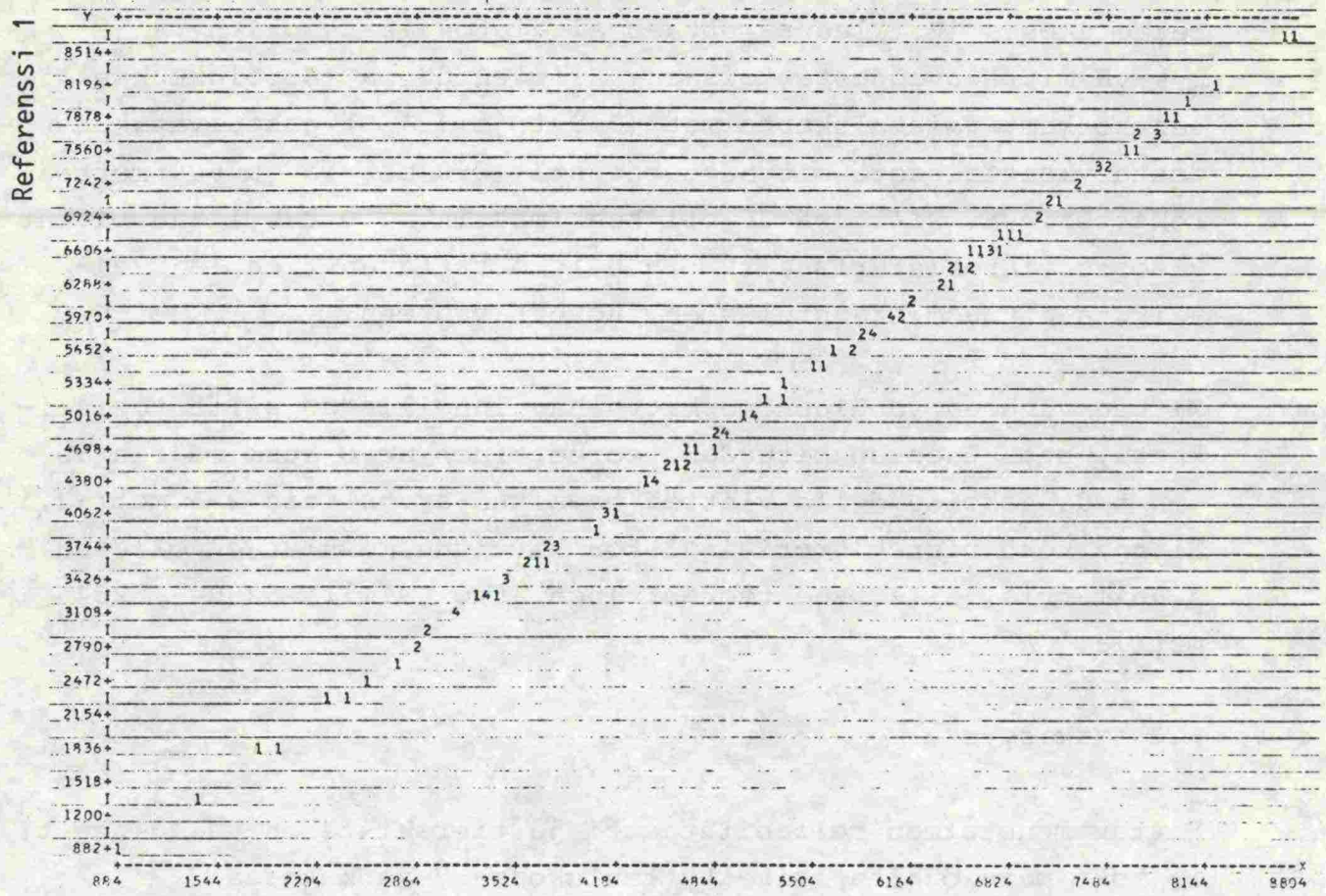
Ominaisuus	N	$\bar{X}$ (m)	$\Delta\bar{X}$	CV	R
Reliabiliteetti	130	5301	-1	0.1	1.00
Validiteetti	463	5252	-4	0.4	1.00

Reliabiliteetti on mittausvuosittain esitetty liitetaulukossa 1A. Ensimmäisenä vuonna (ts. esitutkimuksessa) on vaihtelukerroin selvästi korkeampi kuin muina vuosina. Ensimmäisenä vuonna esiintyy myös keskimääräinen 10 metrin tilastollisesti merkitsevä ( $P < 0.001$ ) tasoero referenssimittauskertojen välillä. Syynä tähän olivat mittausauton renkaiden vaihdon aiheuttamat hankaluudet toisella referenssimittauskerralla.

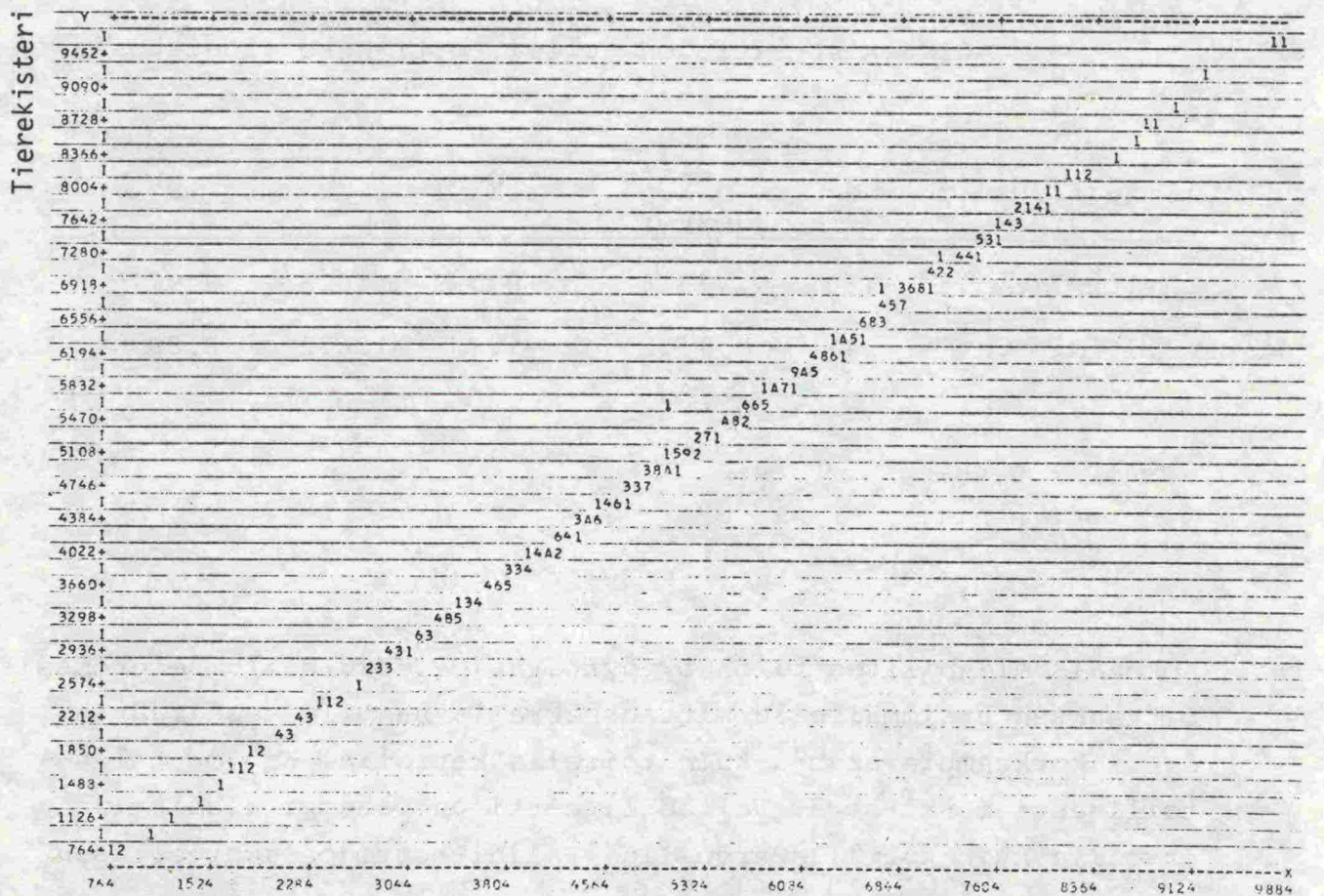


Kuva 2: Tieosan pituus koko aineistossa

## (a) Mittausmenetelmän reliabiliteetti



## (b) Tiedon validiteetti





Validiteetti on piireittäin ja mittausvuosittain esitetty liitetaulukossa 1B. Yleensä ottaen aineiston laatu oli hyvä ja pysyvä mittausvuodesta toiseen. Piirien 08 ja 13 poikkeuksellisen korkeat vaihtelukertoimet (0.9 % ja 1.1 %) johtuivat kahdesta yksittäisestä mittausvirheestä (250 metriä ja 600 metriä) rekisterissä. Piirissä 05 oli keskimäärin n. 0.2 % liian pitkät tieosat tierekisterissä ( $P < 0.01$ ). Mitattavan tien laji ei vaikuta pituusmittaustulosten luotettavuuteen.

Mittausvirheen vähäinen merkitys havainnollistuu siitä tosiseikasta, että tieosan pituuden teoreettinen arvo keskimäärin 95 %:n todennäköisyydellä ylittää havaitun arvon vain 2-6 metriä. Niinpä koko tierekisteriaineiston havaitun keskiarvon ollessa 5248 metriä, sijaitsee teoreettinen arvo välillä 5250 - 5254 metriä.

## 6.2 Mäkisyys

Mittausmenetelmän reliabiliteetti ja tierekisterin validiteetti on koko maan osalta esitetty taulukossa 7 ja kuvassa 3.

Taulukko 7: Mäkisyysmittausmenetelmän reliabiliteetti ja tierekisteritiedon validiteetti koko aineistossa

Ominaisuus	N	$\bar{X}$ (m/km)	$\Delta \bar{X}$	CV	R
Reliabiliteetti	130	13.0	+0.7 <sup>xx</sup>	16.8	0.97
Validiteetti	311	13.2	-1.1 <sup>xxx</sup>	26.2	0.89

xxx  $P < 0.001$

xx  $P < 0.01$

Kokonaisreliabiliteetti on tyydyttävä (CV = 16.8 %). Referenssimittauksen ensimmäisellä mittauskerralla saatiin keskimäärin 5.4 % korkeampia arvoja kuin toisella kerralla. Ero on tilastollisesti merkitsevä. Reliabiliteetti on parempi alhaisilla arvoilla kuin suurilla arvoilla. Validiteetti on suhteellisen



heikko ( $R = 0.89$ ,  $CV = 26.2$ ). Kun tehdään korjaus referenssiin kohoa validiteetin  $CV$ -arvo jonkin verran ( $\overline{CV} = 20.3$ ). Tierekisterissä on keskimäärin 8.3 % korkeampia arvoja kuin referenssimittauksilla. Ero on tilastollisesti merkitsevä. Validiteetissä on n. 2.5 kertaa enemmän vaihtelua kuin reliabiliteetissa.

Reliabiliteetti on mittausvuosittain esitetty liitetaulukossa 2A. Kokonaistoistettavuus heikkenee vuosi vuodelta. Vuonna 1978 esiintyy tilastollisesti merkitsevää tasoeroa (8.9 %). Eräs osatekijä vuoden 1978 heikkoon toistettavuuteen lienee se, että aineistona esiintyy enemmän suuria mäkisyyslukuja kuin aikaisimpina vuosina. Tielajilla tai tieosan pituudella ei voitu havaita olevan yhteyttä tiedon reliabiliteettiin.

Validiteetti on piireittäin ja mittausvuosittain esitetty liitetaulukossa 2B. Yleensä ottaen laatu on pysyvä vuodesta toiseen. Piirien välillä esiintyy kuitenkin suuriakin eroja ( $P < 0.001$ ). Kuvassa 4 on esitetty esimerkki piiristä (piiri 12), jossa on heikko ja piiristä (piiri 13), jossa on hyvä validiteetti. Tieosan pituus ei vaikuta validiteettiin. 4-numeroisilla teillä on parempi validiteetti kuin muilla teillä.

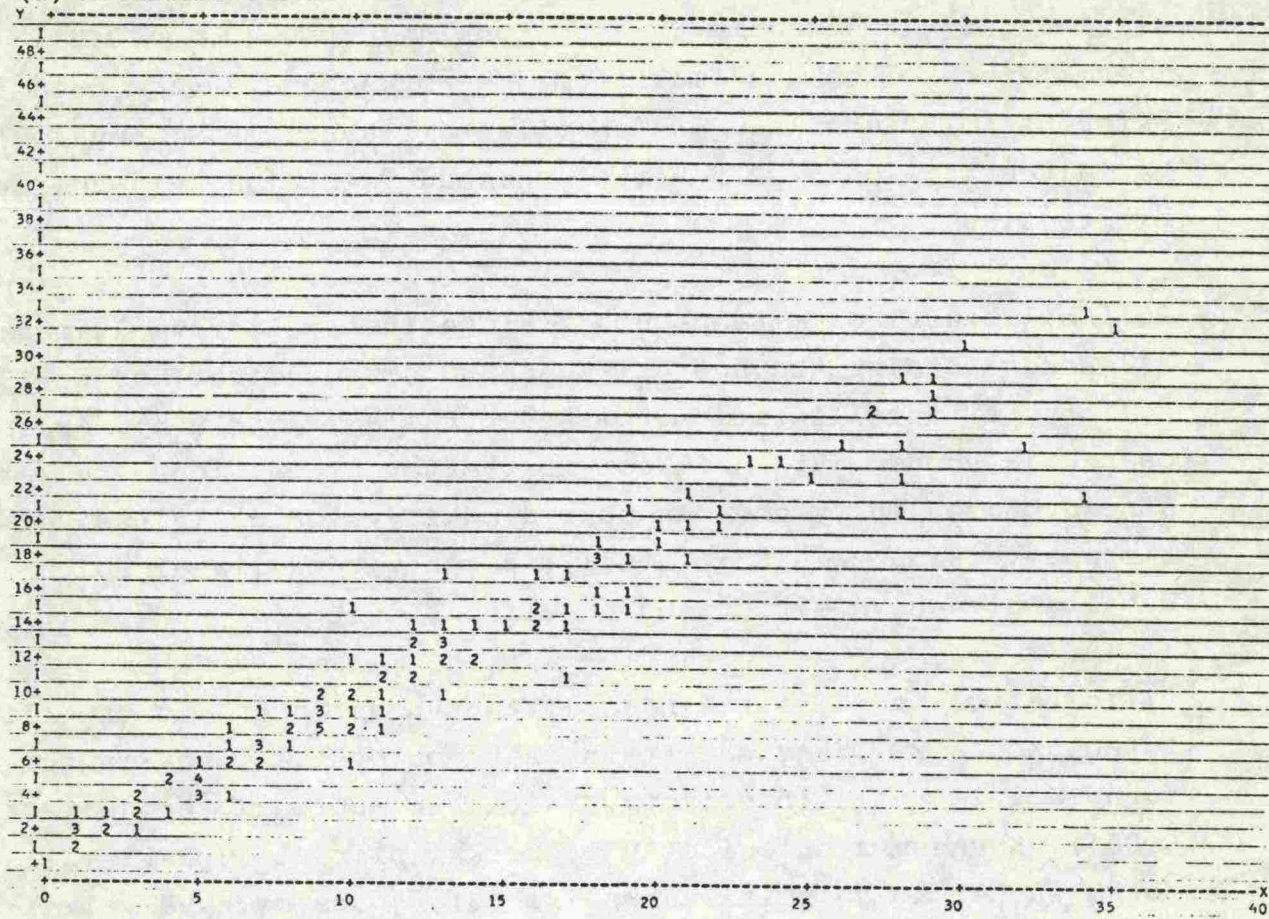
Jos oletetaan, että referenssimittausulos on oikea, todetaan että mäkisyysluvun keskimäärin teoreettinen arvo tasovirheetä on 95 %:n todennäköisyydellä 0.7 - 1.5 m/km havaittua arvoa suurempi. Näin ollen tierekisterin keskiarvon ollessa 12.1 m/km todellinen arvo lienee välillä 12.8 - 13.6 m/km.



Kuva 3: Mäkisyysluku koko aineistossa

## (a) Mittausmenetelmän reliabiliteetti

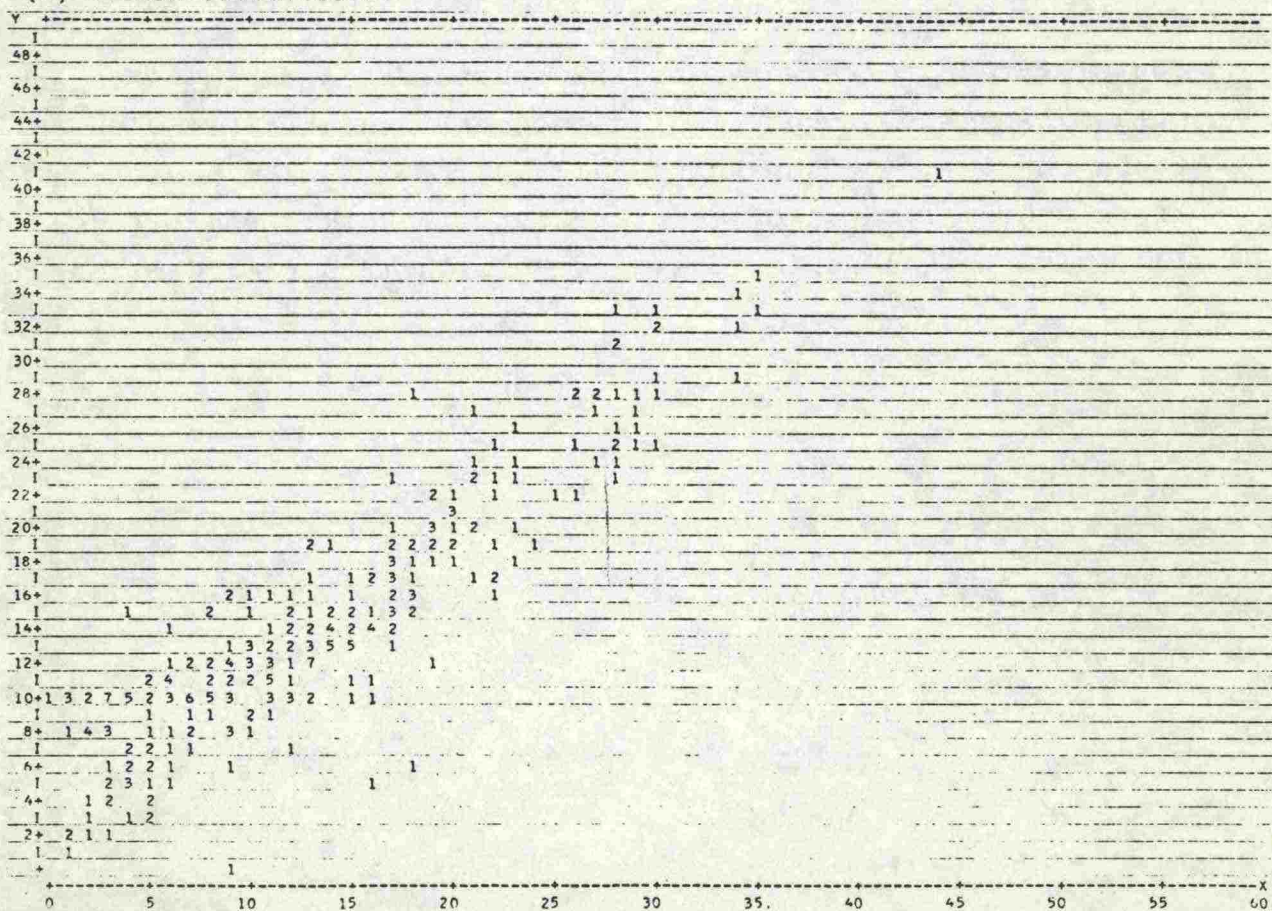
Referenssi 2



Referenssi 1

## (b) Tiedon validiteetti

Tierekisteri



Referenssi 1

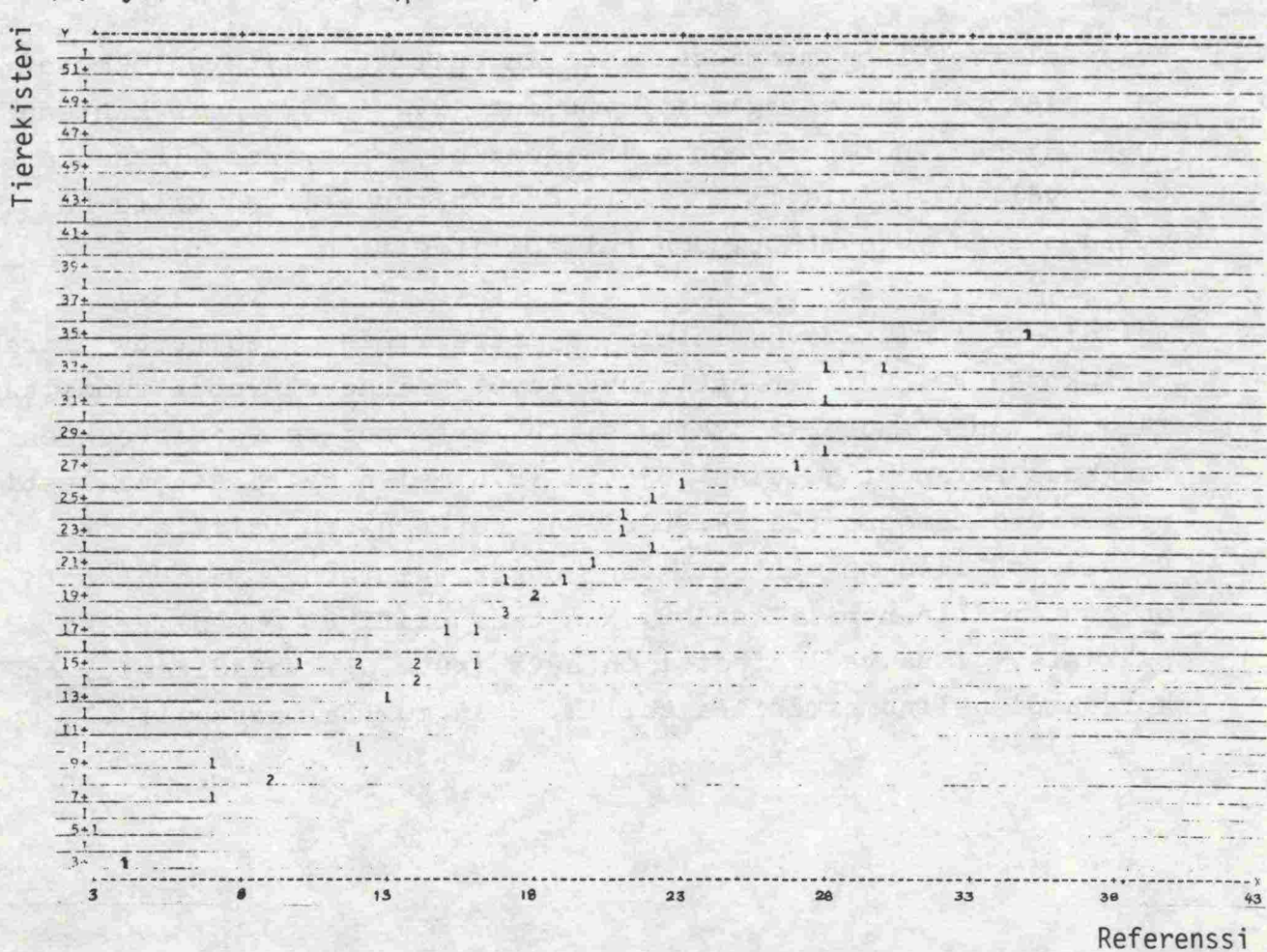


Kuva 4: Mäkiysyys; esimerkkejä heikosta ja hyvästä validiteetista

(a) Heikko validiteetti (piiri 12)



(b) Hyvä validiteetti (piiri 13)





### 6.3 Kaarteisuus

Mittausmenetelmän reliabiliteetti ja tierekisterin validiteetti on koko maan osalta esitetty taulukossa 8 ja kuvassa 5. Kokonaisreliabiliteetti on suhteellisen hyvä (CV = 6.4). Ensimmäisellä mittauskerralla mitattiin keskimäärin n. 1 % alhaisempia arvoja kuin toisella kerralla. Erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Validiteetti on heikohko (CV = 36.5). Tieterekisterissä on keskimäärin n. 5 % korkeampia arvoja kuin mitä referenssimittauksissa havaittiin.

Taulukko 8: Kaarteisuusmittausmenetelmän reliabiliteetti ja tierekisteritiedon validiteetti koko aineistossa

Ominaisuus	N	$\bar{x}$ (g/km)	$\Delta\bar{x}$	CV	R
Reliabiliteetti	130	57.4	-0.5	6.4	1.00
Validiteetti	361	60.1	-2.9	36.5	0.94

Reliabiliteetti on mittausvuosittain esitetty liitetaulukossa 3A. Toistettavuus oli parempi vuosina 1977 - 1978 kuin kahtena ensimmäisenä vuotena. Vuonna 1976 esiintyi tasoeroa mittauskerrojen välillä. Tielajilla tai tieosan pituudella ei voitu havaita olevan yhteyttä tiedon reliabiliteettiin.

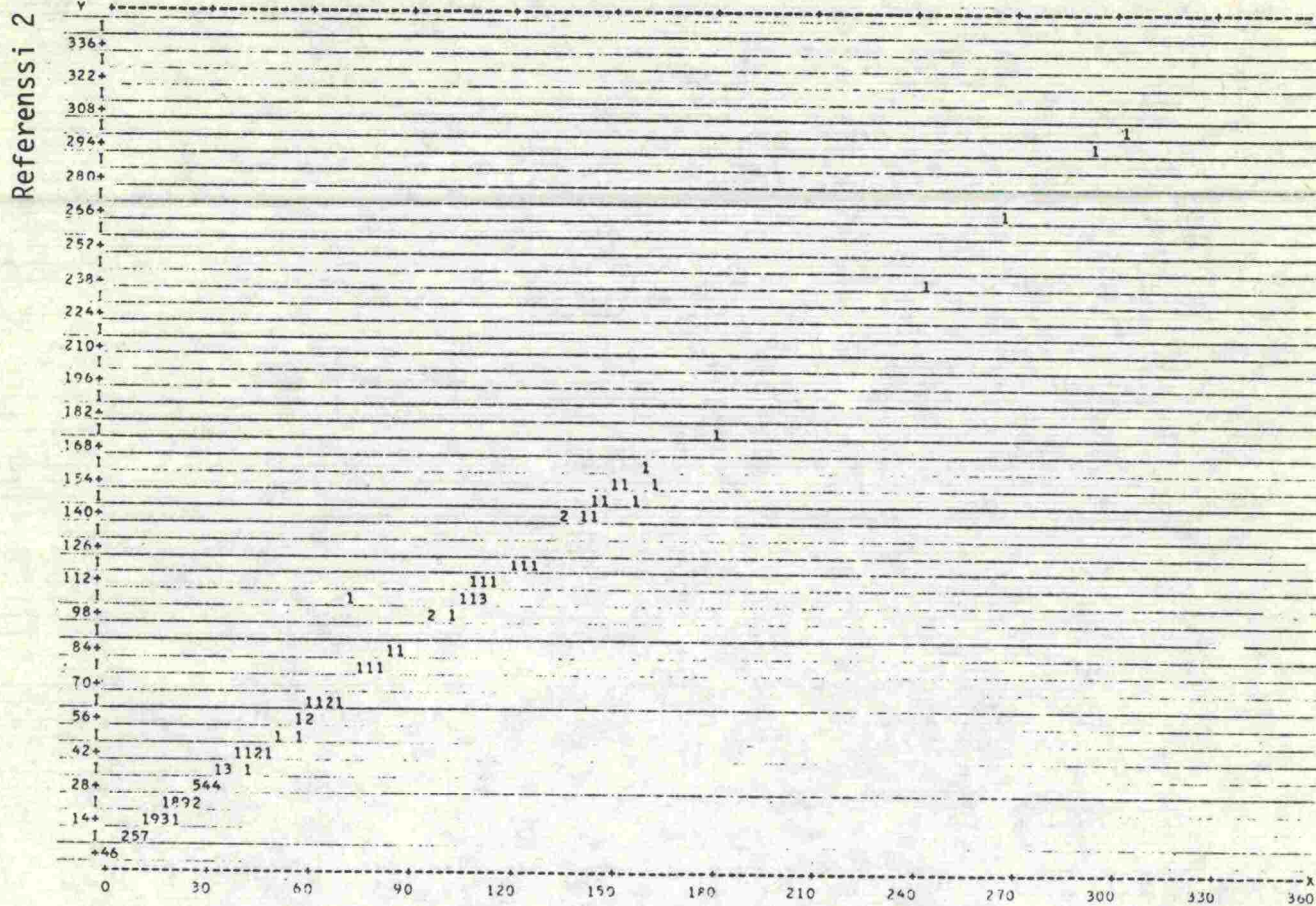
Validiteetti mittausvuosittain ja piireittäin on esitetty liitetaulukossa 3B. Validiteettitunnusluvut paranevat vuosi vuodelta. Tämä johtunee suurelta osalta siitä, että referenssimittauksen tarkkuus paranee. Vuosina 1975 ja 1976 esiintyy tilastollisesti merkitsevä tasoero tierekisterin ja referenssin välillä.

Piirien välillä on suhteellisen suurta vaihtelua. Validiteetti on huonommillaan piirissä 08, kun taas piiri 05 on esimerkki piiristä, jossa validiteetti on hyvä (kuva 6). Validiteetti on korkeampi nelinumeroisilla teillä, kuin muilla maanteillä.



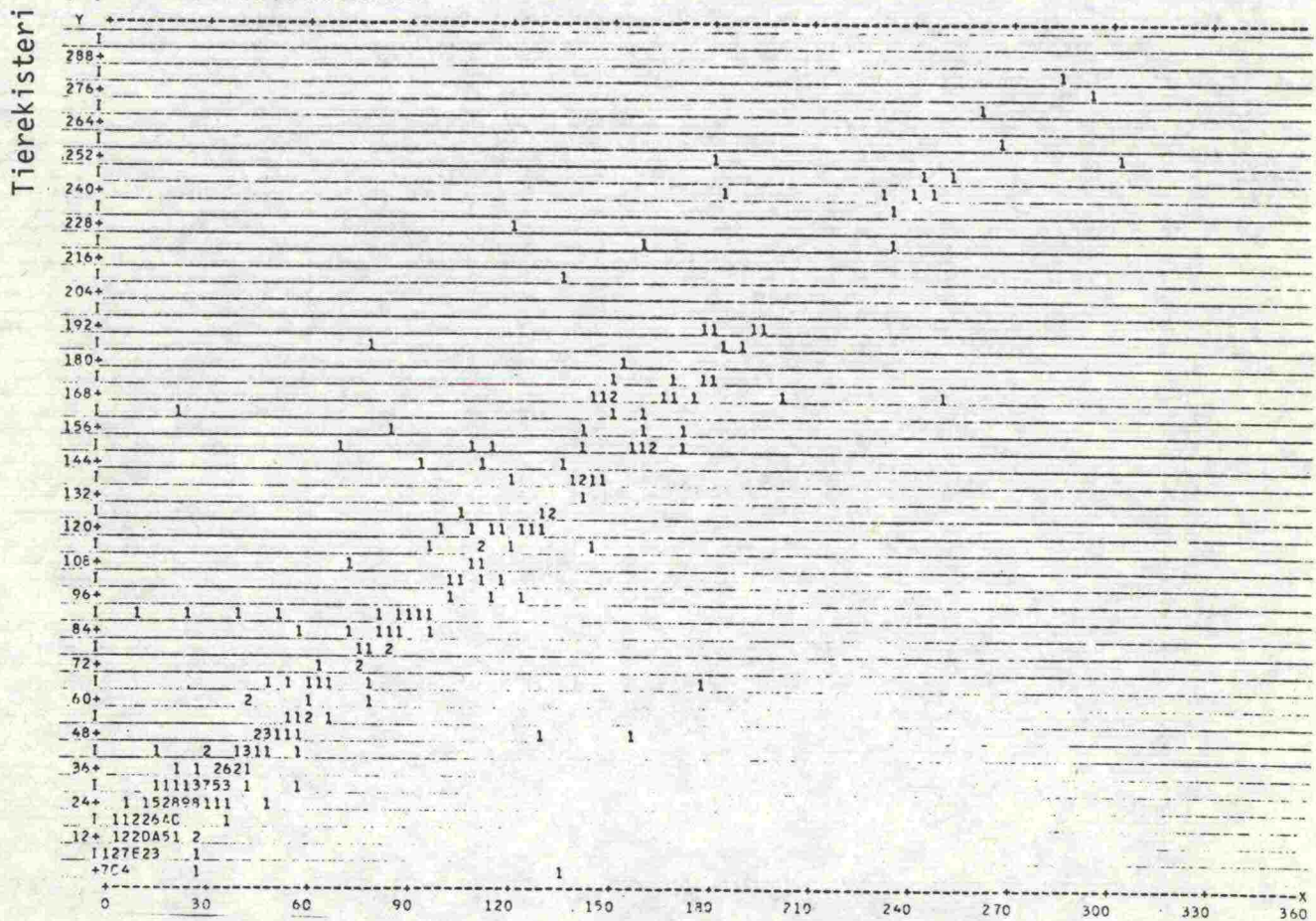
Kuva 5: Kaarteisuusluku koko aineistossa

## (a) Mittausmenetelmän reliabiliteetti



Referenssi 1

## (b) Tiedon validiteetti

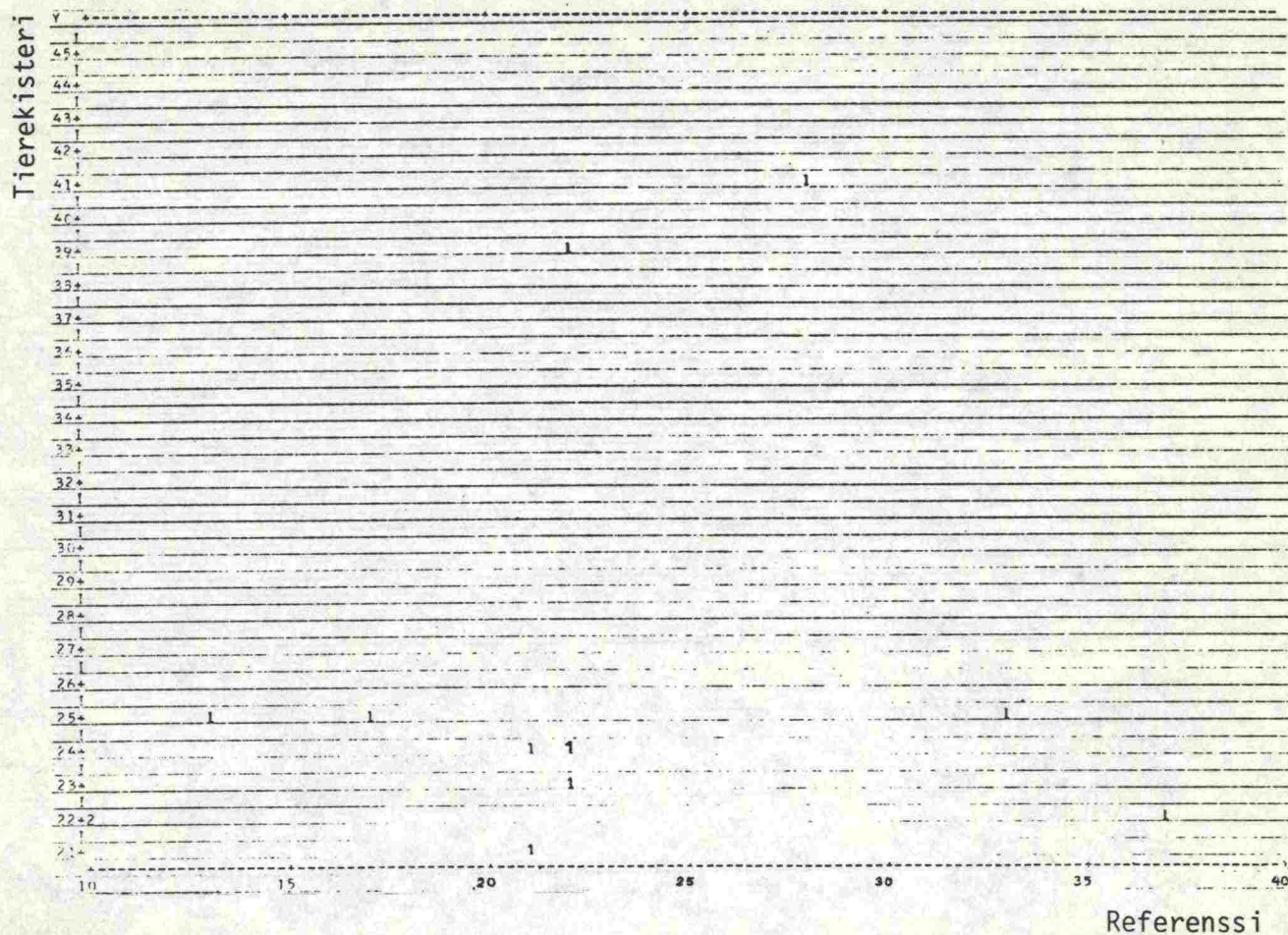


Referenssi

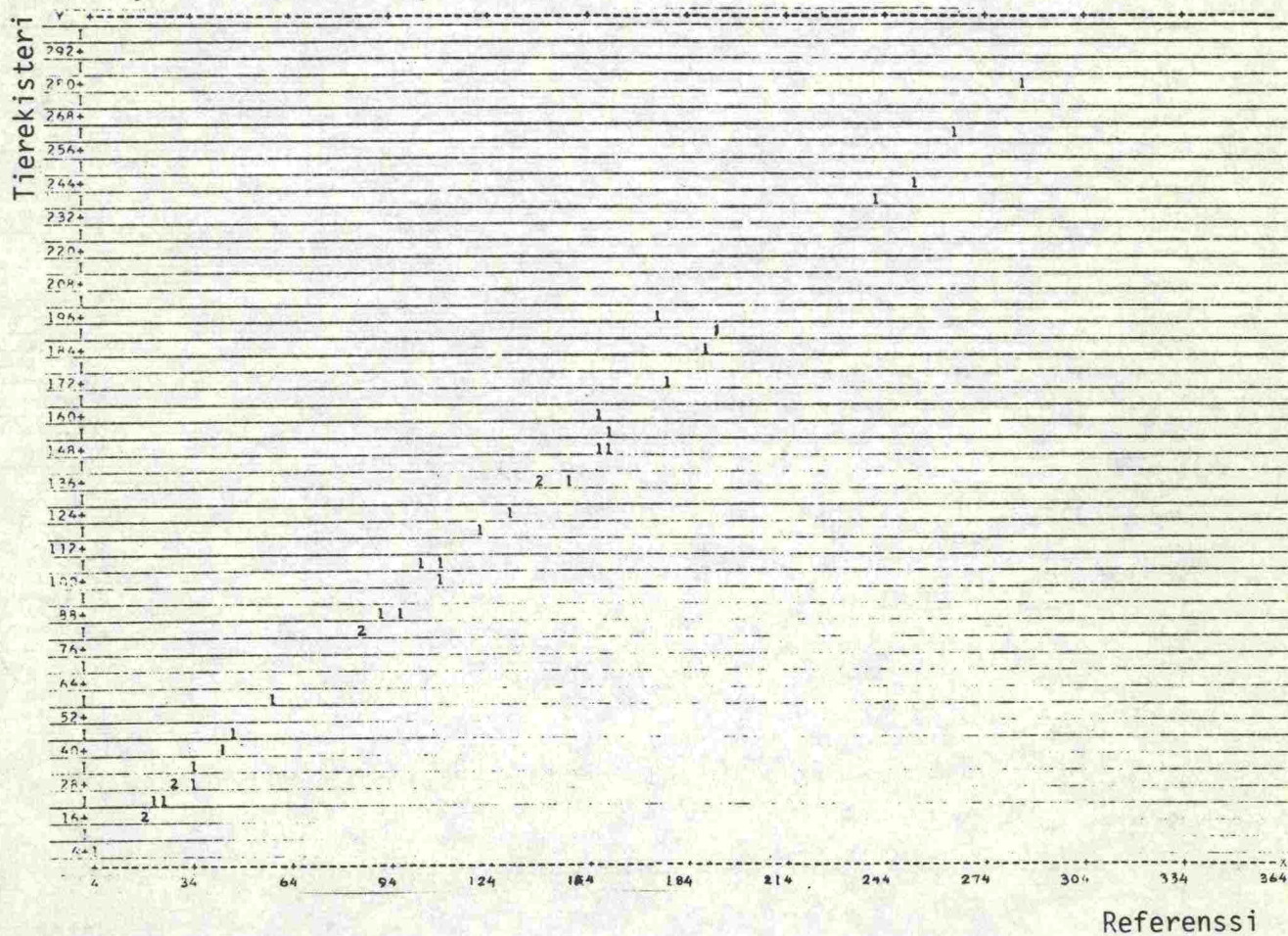


Kuva 6: Kaarteisuus; esimerkkejä heikosta ja hyvästä validiteetista

(a) Heikko validiteetti (piiri 08)



(b) Hyvä validiteetti (piiri 05)





Myös isoilla kaarteisuuksilla saadaan parempi validiteetti. Tieosan pituus ei vaikuta validiteettiin.

Virheiden toiminnallinen merkitys havainnollistuu siten, että jos referenssimittaus tulos on oikea, kaarteisuuden teoreettinen arvo keskimäärin 95 %:n todennäköisyydellä on 0.6 - 5.2 g/km havaittua arvoa suurempi. Näin ollen tierekisterin keskiarvon ollessa 57.2 g/km todellinen arvo lienee välissä 57.8 - 62.4 g/km.

#### 6.4 Näkemät

Mittausmenetelmän reliabiliteetti ja tierekisterin validiteetti on koko maan osalta esitetty taulukossa 9. Yli 300 metrin näkemien osalta vastaavat asiat on esitetty graafisesti kuvassa 7. Referenssimittauksen ensimmäisellä kerralla tuotetaan keskimäärin n. 2 % matalampia keskiarvoja kuin toisella kerralla. Reliabiliteetti paranee näkemien pidentyessä. Tierekisterissä on n. 1 % matalampia keskiarvoja kuin mitä referenssimittauksessa havaitaan. Kuvasta 7 ilmenee, että tasoero ei ole systemaattinen yli koko aineiston vaan että osassa aineistoa tierekisterissä on selvästi matalampia arvoja, kun mitä referenssimittauksissa havaitaan. Yhtäpitävyys rekisterin ja referenssin välillä paranee näkemien pidentyessä siten, että yli 460 metrin näkemien osalta tasoero ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Taulukko 9: Näkemämittausmenetelmän reliabiliteetti ja tierekisteritiedon validiteetti koko aineistossa

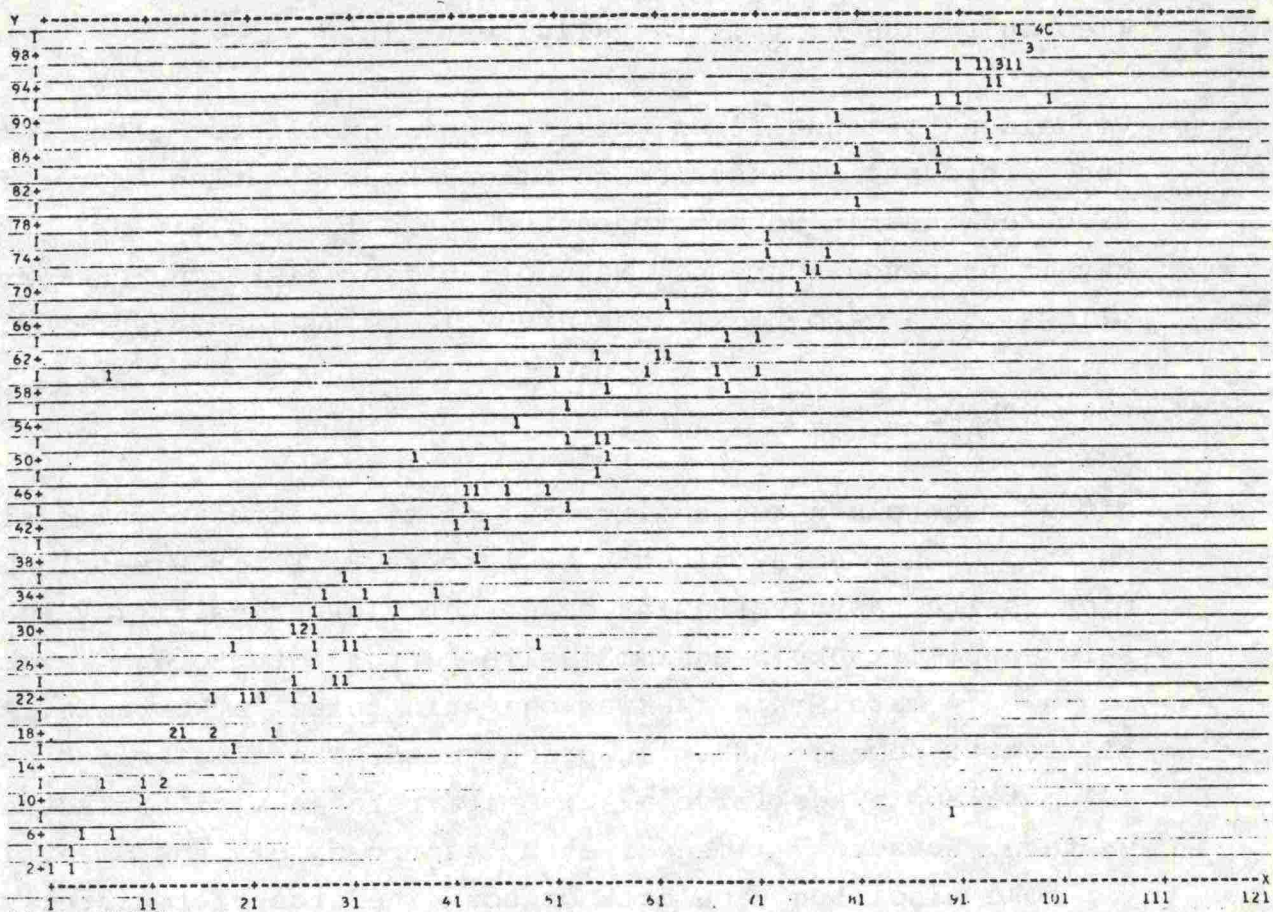
Ominaisuus	Näkemä- etäisyys	N	$\bar{X}$ (%)	$\Delta\bar{X}$	CV	R
Reliabiliteetti	>150 m	127	84.7	-1.2	6.1	0.96
	>300 m	127	58.0	-0.3	16.7	0.96
	>460 m	127	36.7	-1.4	14.9	0.98
Validiteetti	>150 m	376	83.6	+1.9	13.5	0.86
	>300 m	376	53.7	+0.9	23.1	0.93
	>460 m	376	33.7	-0.2	30.3	0.94



Kuva 7: Yli 300 metrin näkemäprosentit koko aineistossa

## (a) Mittausmenetelmän reliabiliteetti

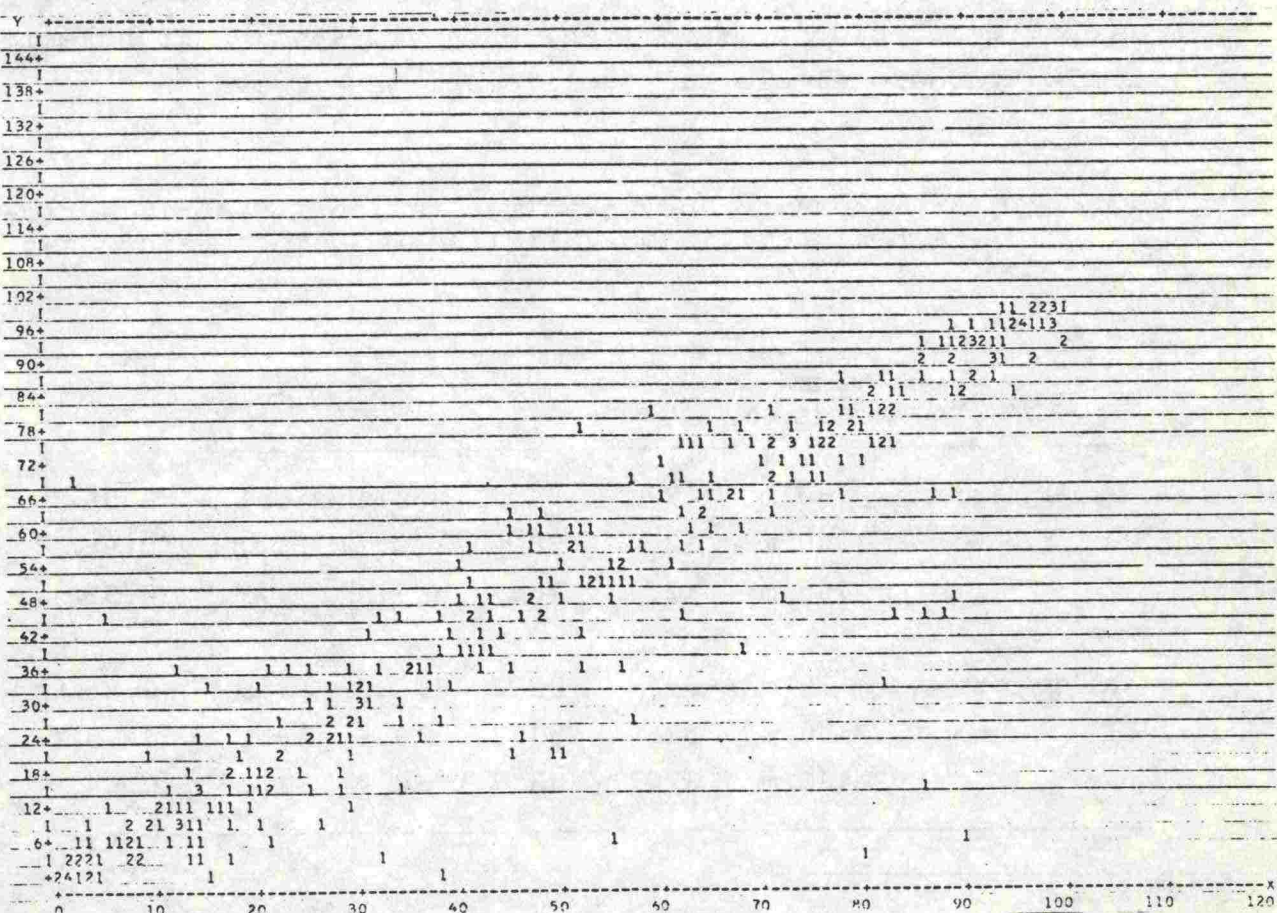
Referenssi 2



Referenssi 1

## (b) Tiedon validiteetti

Tierekisteri

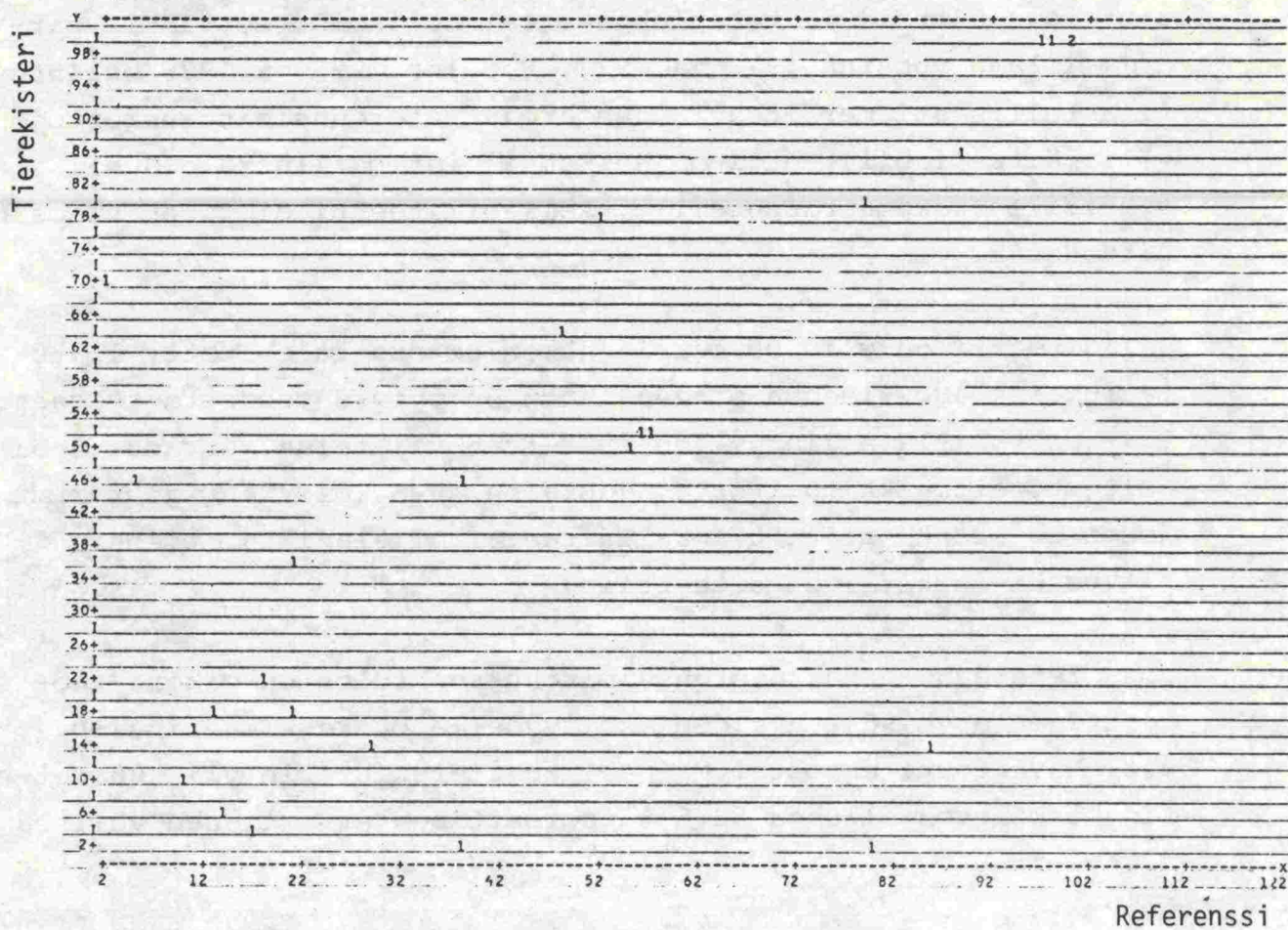


Referenssi

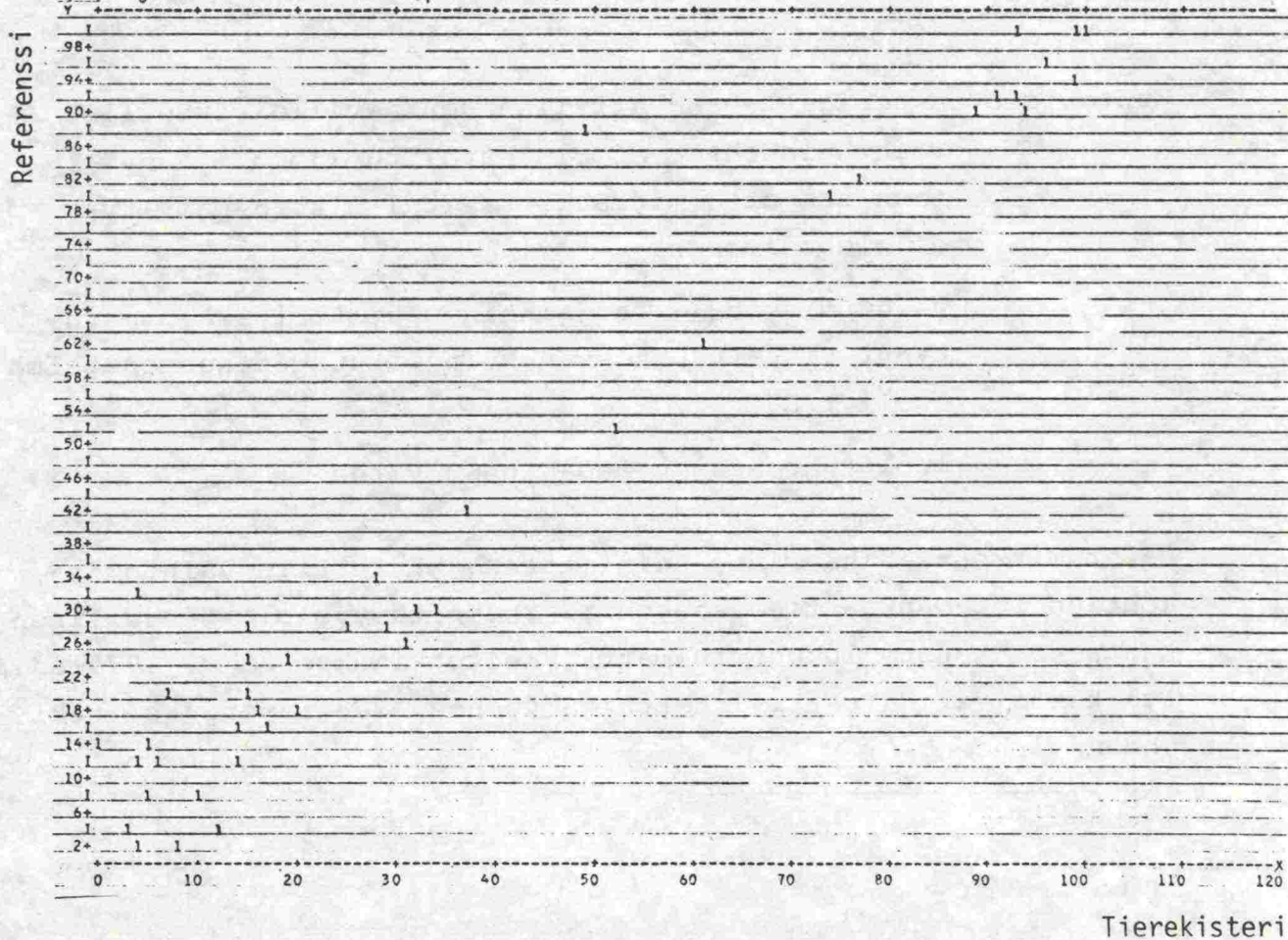


Kuva 8: Yli 300 metrin näkemäprosentti, esimerkkejä heikosta ja hyvästä validiteetista

(a) Heikko validiteetti (piiri 07)



(b) Hyvä validiteetti (piiri 10)





Reliabiliteetti on yli 300 metrin näkemien osalta esitetty mittausvuosittain liitetaulukossa 4A. Reliabiliteetti oli parhaimmillaan vuosina 1976 ja 1977. Vuosina 1975 ja 1976 esiintyy tilastollisesti merkitseviä tasoeroja referenssimittauskertojen välillä. Reliabiliteetti on heikompi pienemmillä teillä eli alhaisilla näkemäprosentteilla. Reliabiliteetti ei riipu tieosan pituudesta.

Validiteetti on yli 300 metrin näkemien osalta esitetty liitetaulukossa 4B. Yleensä ottaen laatu on pysyvä vuodesta toiseen. Piirien välillä esiintyy jonkin verran vaihtelua. Kuvassa 8 on esitetty esimerkki piiristä, jossa on hyvä (piiri 10) ja piiristä jossa on huono (piiri 07) validiteetti. Tielaji tai tieosan pituus ei vaikuta validiteettiin.

Jos oletetaan, että referenssimittauksen tulos on oikea, teoreettinen arvo 95 %:n todennäköisyydellä on keskimäärin (-0.4, 2.2) havaitusta arvosta. Näin ollen tierekisterin yli 300 metrin keskiarvon ollessa 52.8 % teoreettinen arvo lienee välissä 52.4 - 55.0 %.

## 6.5 Kunta

Kuntatieto on periaatteessa alttiina seuraaville virheille

- vaihtumiskohtaa ei ole havaittu (joko jäänyt havaitsematta mittauksessa tai sitten päivitys ei ole toiminut)
- vaihtumiskohdan sijainnin määrittelyssä on syntynyt virhettä enemmän kuin pituusmittausmenetelmä edellyttää
- luokituksessa on tapahtunut virhe.

Vaihtumiskohtien havainnoinnin mittana käytettiin vaihtumiskohtien lukumäärää tieosaa kohti. Yhtäpitävyys oli täydellinen kahta poikkeusta lukuunottamatta. Esitutkimuksessa v. 1975 esiintyi kaksi validiteettivirhettä ja vuonna 1978 referenssi teki yhden virheen.



Vaihtumiskohdan sijainnin määrittelyn luotettavuutta tarkasteltiin niiden kohteiden osalta, jotka havaittiin molemmilla kerroilla. Tulokset on esitetty mittausvuosittain ja koko aineistossa taulukossa 10.

Taulukko 10: Kuntaluokituksen vaihtumiskohdan sijainnin määrittelyn reliabiliteetti ja validiteetti mittausvuosittain ja koko aineistossa

Ominaisuus	Mittausvuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
Reliabiliteetti	1975	11	2463	+2	0.1	1.00
	1976	2	3138	-2	0.1	
	1977	12	2992	-1	0.0	
	1978	14	3114	+11	0.7	
	1976-78	28	2894	+4	0.5	
Validiteetti	1975	10	2593	-13	1.0	1.00
	1976	6	1928	+1	0.1	
	1977	29	3317	-4	1.1	
	1978	30	3087	-1	0.2	
	1976-78	65	3017	-4	0.9	

Reliabiliteetti on vuosina 1975-1977 yhtä hyvä, kuin pituusmittauksessa. Tämä merkitsee sitä, että kunnan rajan tarkan sijainnin määrittelyyn ei liity mitään erityisvaikeuksia. Vuonna 1978 reliabiliteetti oli heikompi kuin pituusmittauksen reliabiliteetti. Tämä johtui yhden rajan virrehavainnoista runsaalla sadalla metrillä referenssimittauksen yhteydessä. Kun tämä virhe eliminointiin aineistosta saatiin  $CV = 0.1$  ja  $\Delta\bar{X} = 3$ , mikä vastaa muiden vuosien tuloksia. Validiteetti vastasi vuosina 1976 ja 1978 pituusmittauksen validiteettia. Vuonna 1977 oli vaihtelu suurempaa kuin pituusmittauksessa ja vuonna 1975 esiintyi lisäksi suurempi tasovirhe.

Kuntaluokituksen reliabiliteetti ja validiteetti oli koko aineistossa täydellinen, eli  $R = 1.00$ .



Taulukko 12:

Ajoradan leveyden vaihtumiskohtien esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa

(a) Reliabiliteetti

		Referenssi 1									yht.
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Referenssi 2	0	68	4	1							73
	1	1	18	2							21
	2	1	1	9	1						12
	3				6						6
	4			1	1	1					3
	5			1	1	1	1				4
	6			1	3		1		2		7
	7						1				1
	8			1		1	1				3
Yht.		70	23	16	12	3	4		2		130

(b) Validiteetti

		Referenssi									yht.
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	
Tiere-kisteri	0	226	57	30	15	4	5	1	1		339
	1	13	42	13	7	2	4	1	2	1	85
	2	1	5	6	6	4	1	1	1	1	26
	3	1	4	2	2		3				12
	4										
	5						1				1
	6										
	7										
	8										
Yht.		241	108	51	30	10	14	3	4	2	463



## 6.6 Ajoradan leveys

Ajoradan leveys on periaatteessa alttiina samoille virheille kuin kuntatieto. Vaihtumiskohtien tarkan sijainnin yhtäpitävyyttä ei kuitenkaan tarkasteltu, koska osoittautui että jo vaihtumiskohtien havaitsemisessa oli suurta vaihtelua ja että käsitteet tässä niveltäytyvät yhteen.

Ajoradan leveyden vaihtumiskohtien esiintyvyyden validiteetti ja reliabiliteetti on esitetty taulukoissa 11 ja 12 ja liite-  
taulukossa 5.

Taulukko 11: Ajoradan leveyden vaihtumiskohtien esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa ( $\mathcal{H}$  = reliabiliteettikerroin kappa)

Ominaisuus	N	$\mathcal{H}$	P<
Reliabiliteetti	130	0.68	
Validiteetti	463	0.29	0.001 <sup>x</sup>

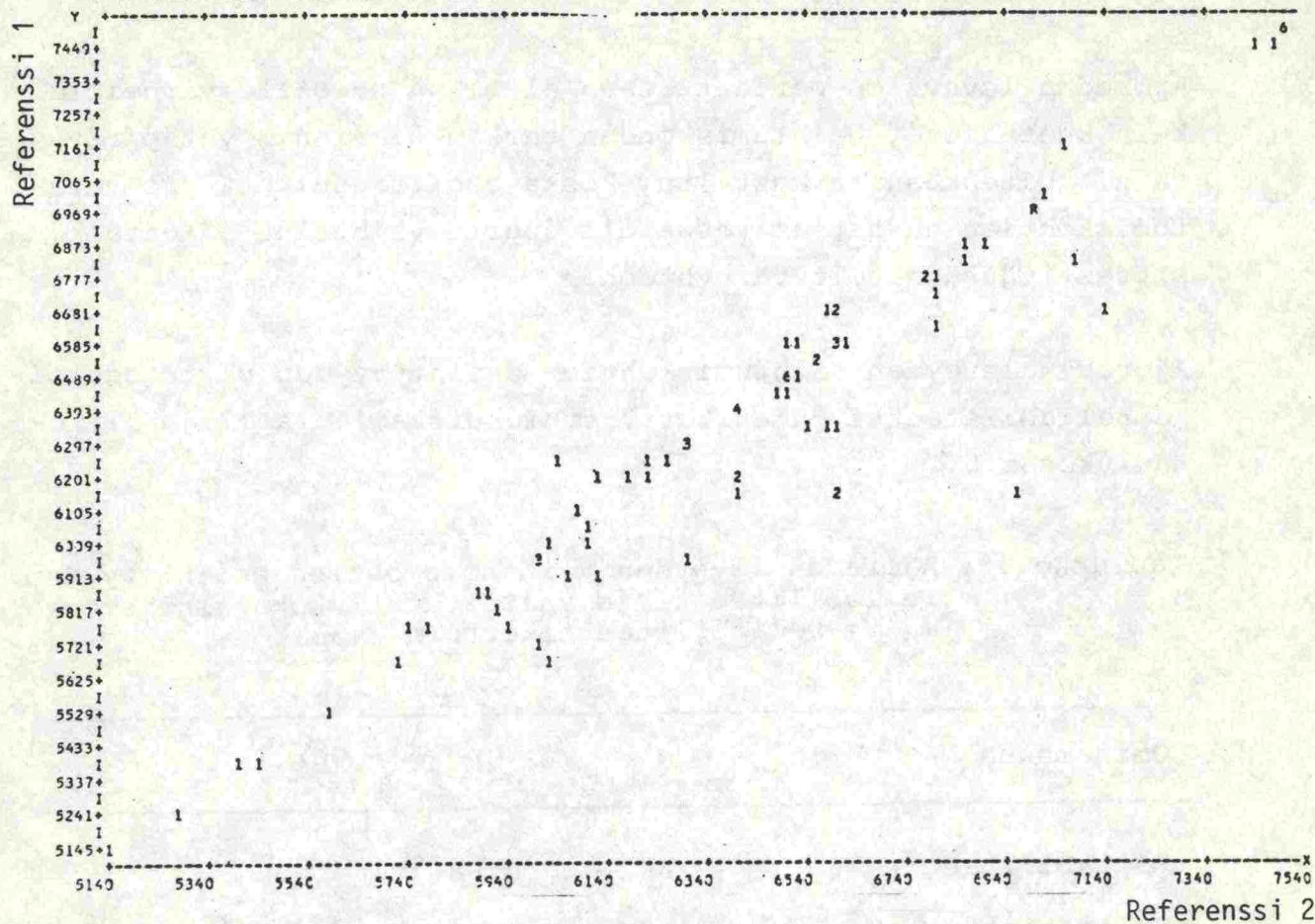
x Referenssi havaitsee enemmän vaihtumiskohtia

Reliabiliteetti oli heikko ( $\mathcal{H}$  = 0.68). Se johtui lähinnä vuosien 1977 ja 1978 tasosta. Validiteetti oli erittäin heikko ( $\mathcal{H}$  = 0.29). Tieräkisterissä oli til. merk. vähemmän vaihtumiskohtia kuin mitä referenssi havaitsi. Validiteetti oli heikko nimenomaan vuosina 1977-1978, jolloin myös tasoerot esiintyivät kaikissa piireissä. Referenssissä onkin tapahtunut vuodesta toiseen vaihtumiskohtien systemaattinen kasvu (kolminkertaistunut 4:ssä vuodessa) kun taas tieräkisterissä ei ole tapahtunut muutosta (taulukko 13).

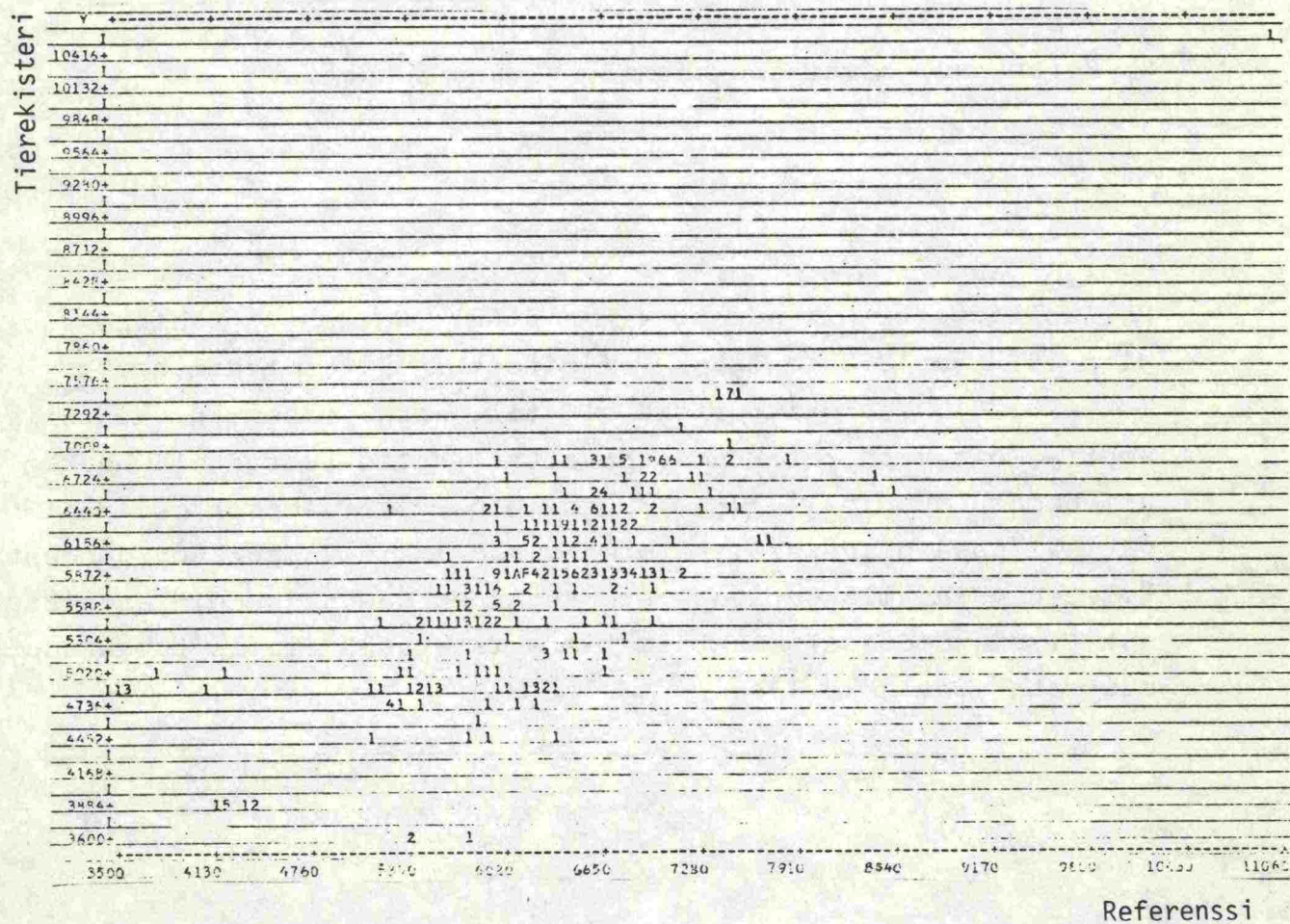


Kuva 9: Ajoinadan keskimääräinen leveys koko aineistossa

## (a) Mittauksen reliabiliteetti

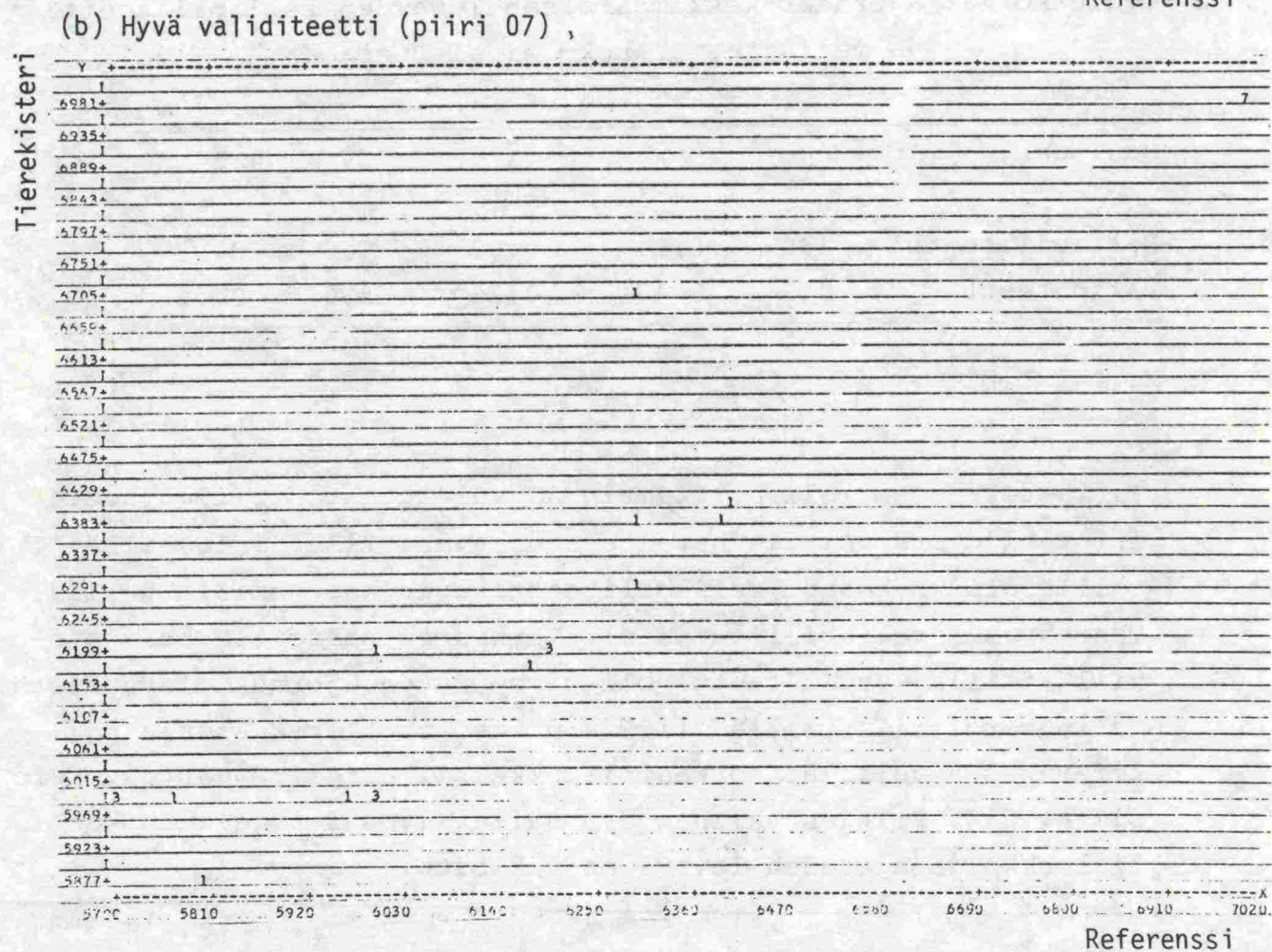
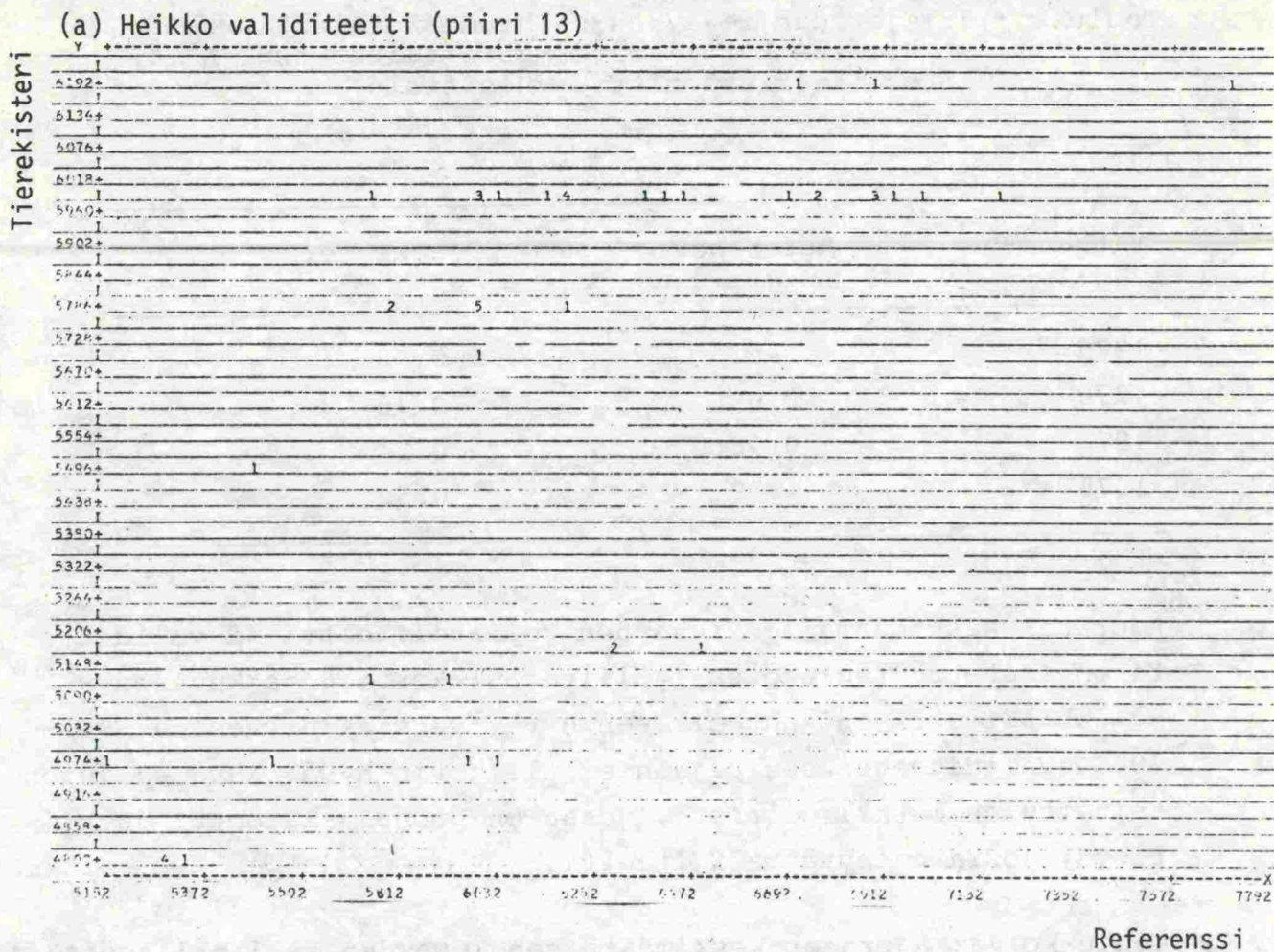


## (b) Tiedon validiteetti





Kuva 10: Ajouradan keskimääräinen leveys; esimerkkejä heikosta ja hyvästä validiteetista





Taulukko 13: Ajoradan leveyden vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti referenssimittauksessa ja tierekisterissä mittausvuosittain

Mittaus- vuosi	Referenssi	Tierekisteri
1975	0.53	0.68
1976	0.69	0.38
1977	0.98	0.24
1978	1.49	0.52

Ajoradan keskimääräisen leveyden reliabiliteetti ja validiteetti on esitetty taulukossa 14 liitetaulukossa 6 ja kuvassa 9. Reliabiliteetti on suhteellisen hyvä, varsinkin vuosina 1977-1978. Validiteetti sen sijaan ei ole kovin hyvä. Kuvassa 10 on esitetty esimerkki piiristä, jossa on huono valiteetti ja piiristä, jossa on hyvä validiteetti.

Taulukko 14: Ajoradan keskimääräisen leveyden reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa

Omaisuus	N	$\bar{X}$ (m)	$\bar{X}$ (m)	CV	R
Reliabiliteetti	130	6.61	-0.03	1.8	0.97
Validiteetti	463	6.47	0.25 <sup>x</sup>	8.6	0.76

x  $P < 0.05$

Tarkasteltaessa reliabiliteetin ja validiteetin riippuvuutta eri tekijöistä voitiin havaita seuraavaa: Yli 6.5 leveillä teillä oli korkeampi reliabiliteetti kuin kapeammilla teillä. Vastaavasti reliabiliteetti oli korkeampi pääteillä kuin pienillä teillä. Validiteetti oli riippumaton ajoradan leveydestä. Melinumeroisilla teillä oli 7 %:n tasoero tierekisterin ja referenssin välillä. Korkeampiluokkaisilla teillä vastaava ero oli n. 2 %. Piirien välinen ero säilyy myös sen jälkeen kun tieluokka ja ajoradan leveys on vakioitu.



Virheen toiminnallinen merkitys nähdään siitä tosiseikasta, että teoreettinen keskiarvo keskimäärin 95 %:n todennäköisyydellä on 0.20 - 0.32 metriä havaittua arvoa suurempi. Näin ol-  
len koko aineiston havaitun keskiarvon ollessa 6.22 metriä, sijaitsee teoreettinen arvo välillä 6.42 - 6.52.

## 6.7 Ajoradan päällyste

Päällysteiden osalta tarkasteltiin päällysteluokan vaihtumiskohtien esiintyvyyden yhtäpitävyyttä ja päällysteluokituksen vaihtumiskohdan tarkan sijainnin määrittelyn yhtäpitävyyttä eri mittauskerroilla. Lisäksi arvioitiin päällysteen luokituksen validiteettia ja reliabiliteettia.

Päällysteen vaihtumiskohtien esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti on esitetty koko aineistossa ja mittausvuosittain taulukossa 15. Reliabiliteetti on koko aineistossa täydellinen ( $\kappa = 1.00$ ). Validiteetti rekisterissä (taulukko 16) oli suhteellisen heikko vuosina 1977-1978 siten, että vuonna 1977 referenssimittauksissa havaittiin tilastollisesti merkitsevästi enemmän vaihtumiskohtia kuin mitä rekisterissä oli.

Taulukko 15: Päällysteluokituksen vaihtumiskohtien esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti mittausvuosittain ja koko aineistossa

Ominaisuus	Mittaus- vuosi	N	$\kappa$	P<
Reliabiliteetti	1975	110	1.00	
	1976-78	130	1.00	
Validiteetti	1975	110	0.80	
	1976	156	0.93	
	1977	143	0.67	0.001 <sup>x</sup>
	1978	164	0.73	
	1976-78	463	0.79	

<sup>x</sup> Referenssi havaitsee enemmän pisteitä missä päällyste vaihtuu



Taulukko 16: Päällysteluokituksen vaihtumiskohtien esiintyvyyden validiteetti koko aineistossa

		Referenssi						
		0	1	2	3	4	5	yht.
Tiere- kisteri	0	356	11	3	1			371
	1	6	60	6	1		1	74
	2	1	2	10		1		14
	3				3	1		4
	4							
	5							
yht.		363	73	19	5	2	1	463

Päällysteluokituksen tarkan sijainnin määrittelyn tuloksia on esitetty taulukossa 17 sekä liitetaulukossa 7. Reliabiliteetti on samaa suuruusluokkaa kuin tieosan pituusmittauksessa muulloin paitsi pilottitutkimusvuotena. Validiteetti on heikompi kuin pituusmittauksessa. Tulokset ovat samansuuntaiset kaikkina mittausvuosina.

Taulukko 17: Päällysteluokituksen vaihtumiskohdan sijainnin määrittelyn reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa

Ominaisuus	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV
Reliabiliteetti	44	1981	0	0.2
Validiteetti	91	2029	-1	1.0



Päällysteen luokituksen reliabiliteetti ja validiteetti on esitetty taulukoissa 18 ja 19. Reliabiliteetti on täydellinen. Validiteetti on huonohko vuosina 1977 ja 1978. Tieräkisterissä esiintyä tilastollisesti merkitsevästi enemmän alempiluokkaisia päällysteitä kuin mitä referenssimittauksissa voitiin havaita.

Taulukko 18: Päällystelukuituksen reliabiliteetti ja validiteetti mittausvuosittain ja koko aineistossa

Ominaisuus	Mittaus- vuosi	N	$\bar{R}$	P<
Reliabiliteetti	1975	110	1.00	
	1976-78	107	1.00	
Validiteetti	1975	131	0.90	
	1976	77	0.92	
	1977	65	0.62	0.05 <sup>x</sup>
	1978	100	0.64	
	1976-78	242	0.79	

x Tieräkisterissä on alhaisempi luokitus

Taulukko 19: Päällystelukuituksen validiteetti koko aineistossa

		Referenssi			yht.
		10	20	30	
Tiere- kisteri	10	45	4	2	51
	20	7	89	5	101
	30	1	13	76	90
	yht.	53	106	83	242



## 6.8 Valaistus

Valaistustiedon osalta tarkasteltiin valaistuksen alku- ja päätepisteiden esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (pisteiden lukumäärä tieosaa kohti) sekä vaihtumiskohtien sijaintia.

Valaistuksen esiintyvyyden validiteetti ja reliabiliteetti on esitetty mittausvuosittain ja koko aineistossa taulukoissa 20 ja 21. Reliabiliteetti on täydellinen kaikkina vuosina paitsi vuonna 1978. Virheet ovat yksittäisiä. Validiteetti oli suhteellisen pysyvä vuosina 1975-1977. Vuonna 1978 referenssi havaitsi tilastollisesti merkitsevästi enemmän valaistuskohia kuin mitä rekisterissä esiintyi. Sama suunta vallitsi koko aineistossa.

Taulukko 20: Valaistuksen esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti mittausvuosittain ja koko aineistossa

Ominaisuus	Mittausvuosi	N	$\bar{p}$	P<
Reliabiliteetti	1975	110	1.00	
	1976	43	1.00	
	1977	38	1.00	
	1978	49	0.89	
	1976-1978	130	0.94	
Validiteetti	1975	100	0.92	
	1976	156	0.82	
	1977	143	0.93	
	1978	164	0.74	0.05 <sup>x</sup>
	1976-1978	463	0.80	0.01 <sup>x</sup>

x Referenssi havaitsee enemmän valaistuja osuuksia



Taulukko 21: Valaistuksen esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa

Reliabiliteetti		Referenssi 1			
		0	1	2	yht.
Referenssi 2	0	95	1		96
	1	1	27		28
	2		1	5	6
	yht.	96	29	5	130

Validiteetti		Referenssi				
		0	1	2	3	yht.
Tie- rekisteri	0	370	15	1		386
	1	5	61	6	1	73
	2			4		4
	3					
	yht.	375	76	11	1	463

Valaistuksen pituusmittauksen yhtäpitävyys on esitetty mitausvuosittain ja koko aineistona taulukossa 22.

Reliabiliteetti oli vuosina 1976 - 1978 tieosan pituusmittauksen edellyttämää luokkaa. Vuonna 1975 reliabiliteetti oli heikko ( $CV = 6.2$ ). Mittauskertojen välillä esiintyi n. 3 %:n tasoero. Validiteetti oli hyvä vuosina 1977 ja 1978. Vuosina 1975 - 1976 se oli heikko sisältäen n. 4 %:n ja 7 %:n tasoerot siten, että tierekisterissä oli korkeampia arvoja. Vuonna 1976 tasoero tosin johtui muutamista huomattavista yksittäisistä virheistä. Yleensä ottaen valaistuksen sijainnin määrittelyyn liittyy virhekomponentti, joka on suurempi kuin mitä pituusmittauksessa yleensä esiintyy.



Taulukko 22: Valaistuksen pituusmittauksen reliabiliteetti ja validiteetti mittausvuosittain ja koko aineistossa

Ominaisuus	Mittaus- vuosi	N	$\bar{x}$	$\Delta\bar{x}$	CV
Reliabiliteetti	1975	9	1 312	-35	6.2
	1976	9	686	0	0.1
	1977	7	3 040	-3	0.1
	1978	60	2 743	+1	0.2
	1976-1978	76	2 527	+1	0.2
Validiteetti	1975	9	1 312	-56	5.7
	1976	25	782	-53	20.1
	1977	10	2 449	+5	0.7
	1978	60	2 905	+1	0.7
	1976-1978	95	2 298	-13	3.6

## 6.9 Pientareen leveys

Pientareen leveyden osalta tarkasteltiin leveysluokituksen vaihtumiskohtien esiintyvyyden luotettavuutta sekä oikean puoleisen pientareen keskimääräisen leveyden luotettavuutta. Tarkan sijaintipisteen yhtäpitävyyttä ei tarkasteltu samoista syistä kuin ajoradan leveyden osalta.

Pientareen luokituksen vaihtumiskohtien reliabiliteetti ja validiteetti on esitetty taulukoissa 23 ja 24. Reliabiliteetti on suhteellisen hyvä ( $\lambda = 0.91$ ), mutta tierekisterin validiteetti on heikko ( $\lambda = 0.43$ ). Liitetaulukossa 8 tulokset on esitetty mittausvuosittain ja piireittäin. Reliabiliteetti oli täydellinen vuonna 1977. Validiteetti vaihteli piiristä toiseen, ollen huonoin piireissä 01 ja 13 sekä paras piireissä 08 ja 07.



Taulukko 23: Pientareen luokituksen vaihtumiskohtien reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa

Ominaisuus	N	$\bar{r}$
Reliabiliteetti	130	0.91
Validiteetti	443	0.43

Taulukko 24: Pientareen leveyden vaihtumiskohtien reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa

(a) Reliabiliteetti

	0	1	2	3	4	5	6	yht.
0	87	1						88
1		27	2					29
2		1	9					10
3		1	1	1				3
4								
5								
6								
yht.	87	30	12	1				130

(b) Validiteetti

	0	1	2	3	4	5	6	yht.
0	251	41	9					301
1	44	62	7	3	1			117
2	1	9	10	1				21
3	1			1				2
4			1					1
5			1					1
6								
yht.	297	112	28	5	1			443



Oikean pientareen keskimääräisen leveyden reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa on esitetty taulukossa 25 ja kuvassa 11.

Taulukko 25: Oikean pientareen keskimääräisen leveyden reliabiliteetti ja validiteetti koko aineistossa

Ominaisuus	N	$\bar{X}$ (m)	$\Delta\bar{X}$ (m)	CV	R
Reliabiliteetti	130	0.506	-0.05	16.0	0.99
Validiteetti	461	0.452	0.07 <sup>xxx</sup>	64.0	0.90

xxx  $P < 0.001$

Reliabiliteetti on suhteellisen hyvä tasovirheen ollessa kuitenkin n. 10 %. Validiteetti sensijaan oli heikko tierekisterin leveyksien ollessa n. 15 % matalammat kuin mitä referenssimittauksessa havaittiin. Tulokset on esitetty mittausvuosittain ja piireittäin liitetaulukossa 9. Reliabiliteetti oli vuonna 1976 jonkin verran heikompi kuin myöhempinä vuosina. Sama koskee validiteettia. Piirien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja. Esimerkkejä heikosta ja hyvästä validiteetista on esitetty kuvassa 12.

Reliabiliteetti ei riipu tieluokasta. Validiteetti on parempi korkealuokkaisilla teillä kuin muilla teillä.

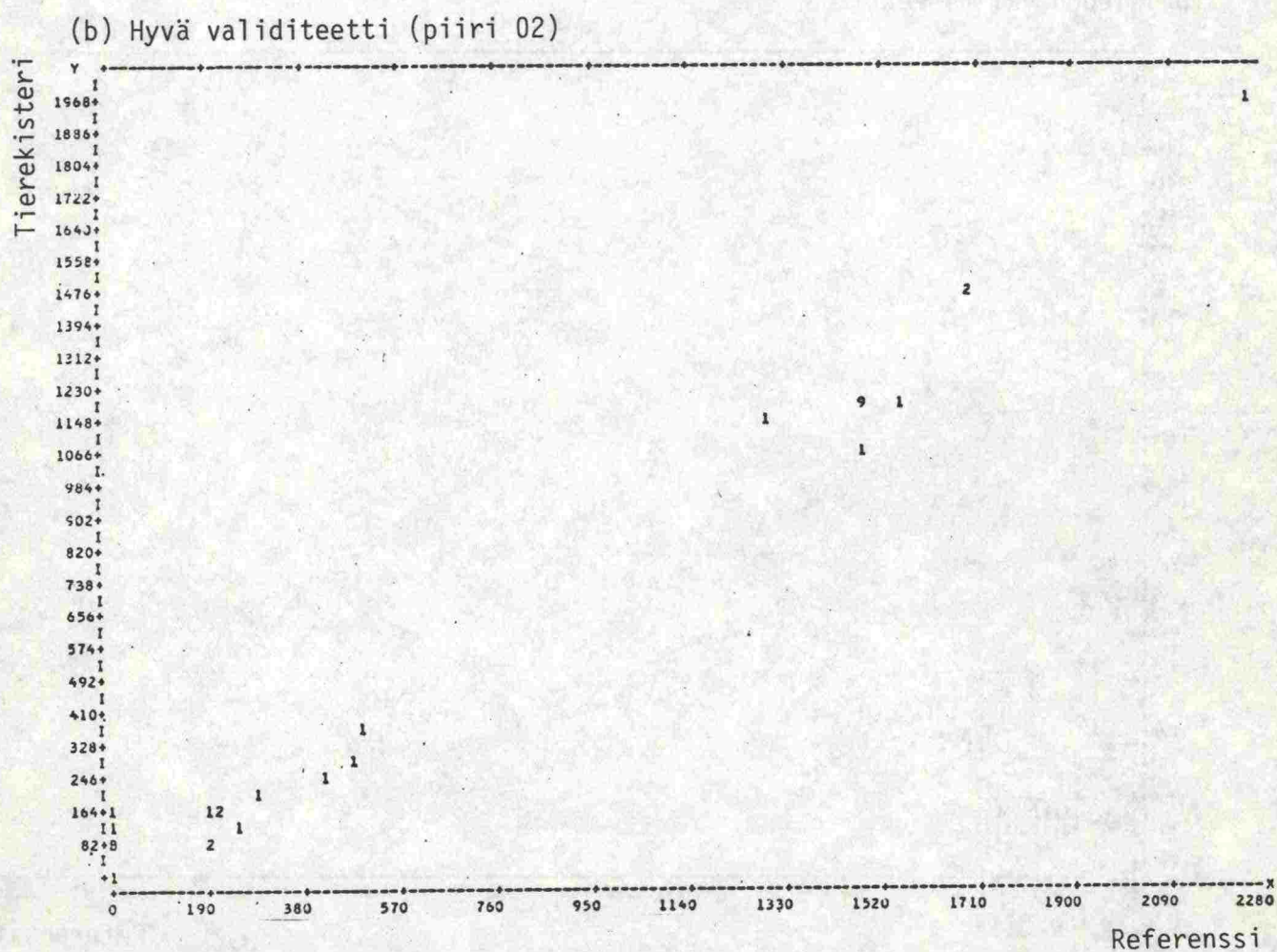
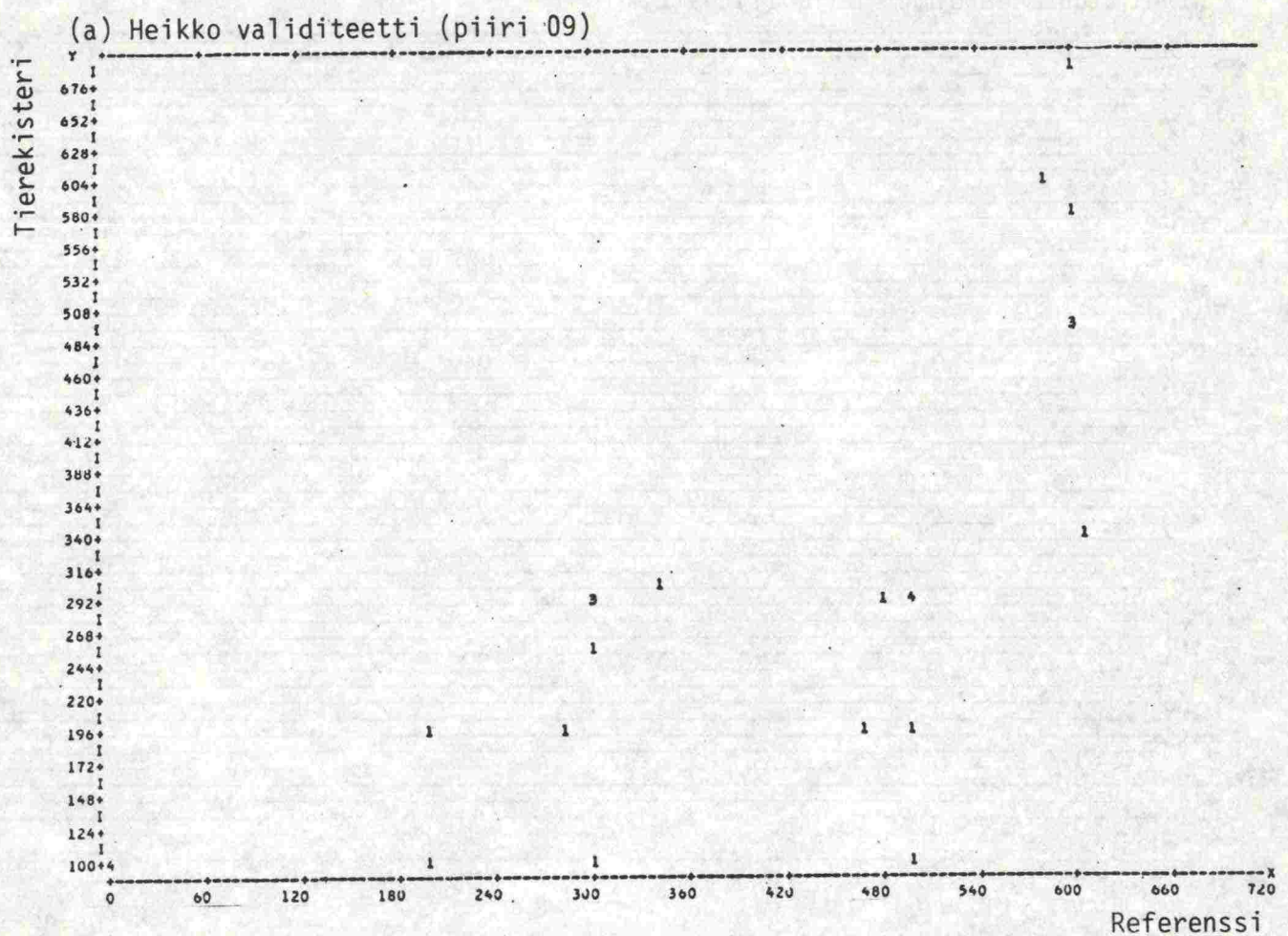
Virheen toiminnallinen merkitys on havaittavissa siitä, että teoreettinen keskiarvo keskimäärin 95 %:n todennäköisyydellä on 0.046 - 0.094 metriä havaittua arvoa suurempi. Näin ollen koko aineiston havaitun keskiarvon ollessa 0.382 metriä, sijaitsee teoreettinen arvo välillä 0.428 - 0.476 metriä.







Kuva 12: Pientareen keskimääräinen leveys; esimerkkejä heikosta ja hyvästä validiteetista





## 6.10 Liittymä ja risteys

Liittymän osalta tarkasteltiin esiintyvyyden yhtäpitävyyttä, pisteiden sijainnin yhtäpitävyyttä sekä luokituksen yhtäpitävyyttä.

Esiintyvyyden yhtäpitävyys on reliabiliteetin osalta 0.92 ja validiteetin osalta 0.85.

Liittymän sijainnin määrittelyn reliabiliteetti ja validiteetti on esitetty taulukossa 26.

Taulukko 26: Liittymän sijainnin määrittelyn reliabiliteetti ja validiteetti (tieosien jakopisteet on jätetty tarkastelun ulkopuolelle)

Ominaisuus	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV
Reliabiliteetti	78	3120	2	0.5
Validiteetti	278	3196	3	2.6

Reliabiliteetti oli jonkun verran heikompi kuin tieosan pituusmittauksessa. Validiteetti oli selvästi heikompi kuin tieosan pituusmittauksessa. Tämä merkitsee sitä, että tierekisterimitauksissa esiintyy vaihtelua liittymän tarkan sijainnin määrittelyssä. Reliabiliteetti on esitetty mittausvuosittain liitetaulukossa 10A. Voidaan havaita, että reliabiliteetti oli heikohko vuonna 1976. Tämä johtui tosin pääasiallisesti yksittäisestä virheestä. Validiteetti on esitetty mittausvuosittain ja piireittäin liitetaulukossa 10B. Validiteetti on hyvä muualla paitsi piireissä 01 ja 04.

Luokituksen reliabiliteetti oli täydellinen. Validiteetin osalta se oli täydellinen vuosina 1975-1977. Vuonna 1978 esiintyi yksi virhe.



## 6.11 Silta

Sillan osalta tarkasteltiin siltojen esiintyvyyden yhtäpitävyyttä, tarkan sijainnin yhtäpitävyyttä sekä luokituksen yhtäpitävyyttä.

Esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti oli hyvä. Esimerkiksi vuonna 1978 oli reliabiliteetti 0.97 ja validiteetti 0.92.

Sillan tarkan sijainnin yhtäpitävyys on esitetty taulukossa 27. Reliabiliteetti on sama kuin pituusmittauksessa esiintyvä (CV = 0.1). Validiteetti on huonompi. Liitetaulukosta 11 havaitaan, että ero johtuu piireissä 01, 04 ja 05 esiintyvistä heikosta validiteetista.

Taulukko 27: Sillan sijainnin määrittelyn reliabiliteetti ja validiteetti (tieosien jakopisteet on jätetty tarkastelun ulkopuolelle)

Ominaisuus	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
Reliabiliteetti	86	2582	0	0.1	1.00
Validiteetti	279	2640	11	2.9	1.00

Siltaluokituksen reliabiliteetti oli vuosina 1976-1977 täydellinen sekä vuosina 1975-1978 melkein täydellinen. Esimerkiksi vuonna 1978 oli  $\rho = 0.97$ . Validiteetin osalta esiintyi vähäisiä eroja. Esimerkiksi vuonna 1978 oli  $\rho = 0.91$ .

## 6.12 Pyörätiet ja jalkakäytävät

Tarkasteltiin pyörätie- ja jalkakäytävätiedon vaihtumiskohtien esiintyvyyden yhtäpitävyyttä (vaihtumiskohtien lukumäärä tieosaa kohti), sijainnin yhtäpitävyyttä, ja tiedon luokituksen yhtäpitävyyttä.



Vaihtumiskohtien esiintyvyyden osalta yhtäpitävyys oli heikko ( $\chi^2 = 0.32$ ). Osaksi tämä johtui siitä, että referenssimittauksessa havaittiin vaihtumiskohtia, joita ei ollut rekisterissä.

Sijainnin yhtäpitävyys molemmilla mittauskerroilla esiintyvissä vaihtumiskohdissa on mittausvuosittain ja koko aineistossa esitetty taulukossa 28. Kokonaisvaihtelu on  $CV = 0.9$ . Kun piirin 01, jossa  $\Delta\bar{X} = -88$  ja  $CV = 1.6$ , tulokset poistetaan aineistosta, saadaan vuoden 1978 aineistolle  $\Delta\bar{X} = 0$  ja  $CV = 0.4$ . Näin ollen piiriä 01 lukuunottamatta yhtäpitävyys on samaa suuruusluokkaa kuin tieosan pituusmittauksessa.

Taulukko 28: Pyöräteiden ja jalkakäytävien pituusmittauksen validiteetti koko aineistossa

Mittaus- vuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV
1976	26	2630	- 4	0.3
1978	44	2693	-20	1.0
Yht.	70	2670	-14	0.8

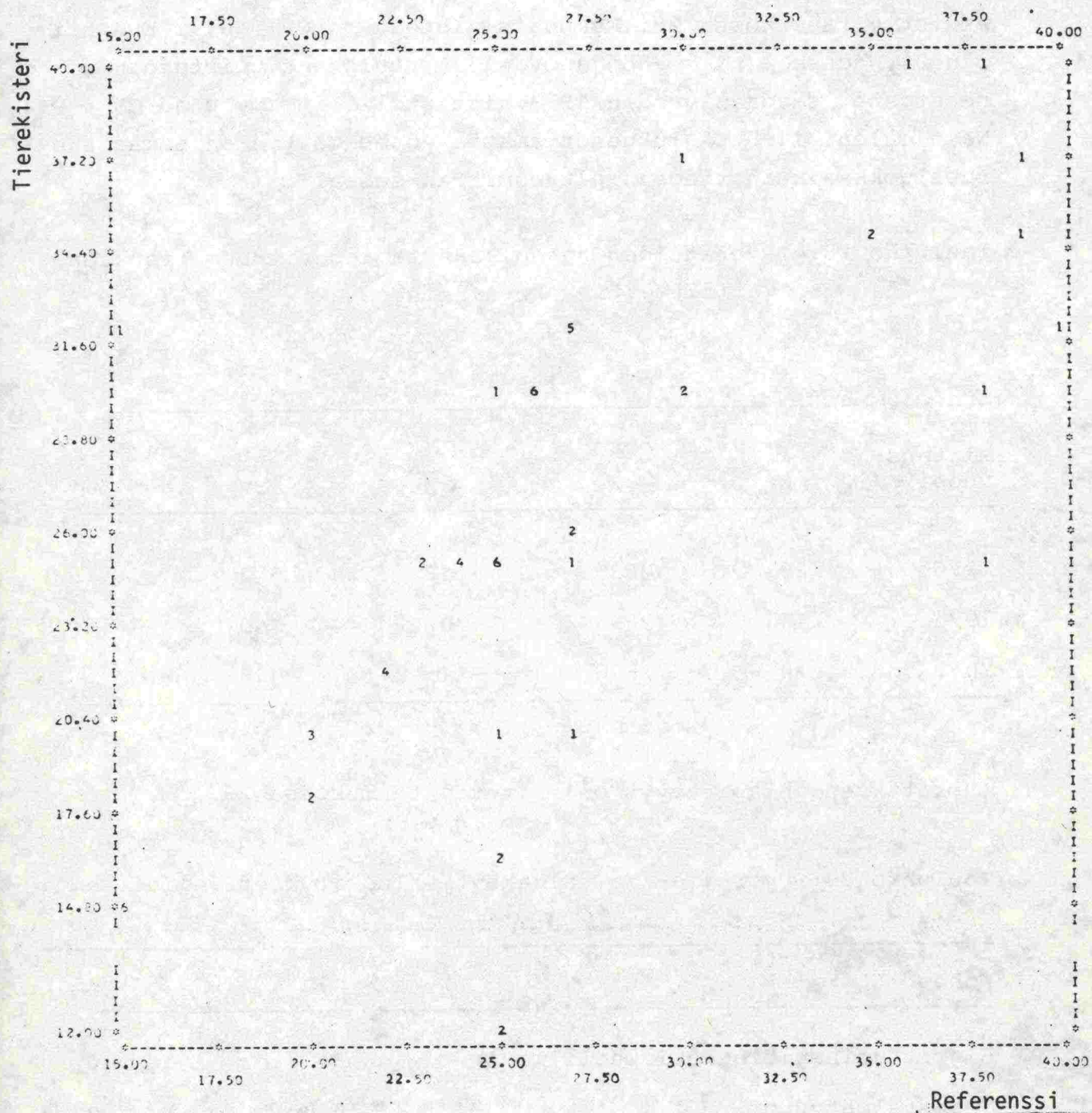
Luokituksen yhtäpitävyys on esitetty taulukossa 29.

Taulukko 29: Pyörätie- ja jalkakäytäväluokituksen validiteetti

Kohde	$\mu$
Sijoittuminen tien eri puolille	0.77
Yhdistelmätyyppi	0.80
Pyörätien ja jalkakäytävän liittyminen toisiinsa	0.82
Ajorataan liittyminen	0.85
Tieluokka/tienpitäjä	0.95
Leveys	0.23



Kuva 13: Pyöräteiden ja jalkakäytävien leveyden validiteetti





Tieluokan osalta tieto on erinomainen ( $\alpha = 0.95$ ). Muiden tietojen osalta validiteetti on suhteellisen hyvä ( $\alpha = 0.77 - 0.85$ ) paitsi leveyden osalta se on heikko ( $\alpha = 0.23$ ) (kts. kuva 13).

Mittauskertojen välillä ei esiinny tasoeroja. Kun leveys luokitellaan puolen metrin luokkiin, validiteetti paranee, joskaan ei hyväksi ( $\alpha = 0.61$ ). Virheen toiminnallinen merkitys nähdään siitä, että teoreettinen keskiarvo keskimäärin 95 %:n todennäköisyydellä on vaihteluvälissä (-1.3, + 1.1). Näin ollen koko aineiston havaitun keskiarvon ollessa 25.6 dm sijaitsee teoreettinen arvo välillä 24.3 - 26.7 dm.

### 6.13 Liikenne

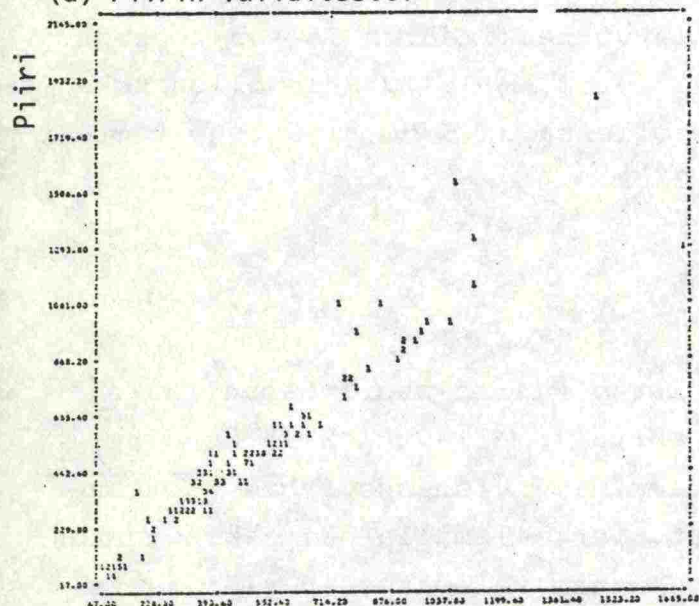
Piiri vastaa liikennelaskennoista. Piirin suorittaman laskennan validiteetti on arvioitu vertailemalla tuloksia konelaskentatuloksiin. TVH:n muodostama ns. referenssiryhmä tuottanee mahdollisimman oikeat tulokset. Vertailemalla näitä konelaskentatulokseen, saadaan arvio laskennan validiteetin ylärajalle. TVH:n palkkaamat ja kouluttamat laskijat edustavat kokematonlaskijakuntaa. Vertailemalla näiden laskijoiden tuloksia piirin laskijoiden tuloksiin saadaan arvio reliabiliteetista tilanteessa, jossa ei ole pyritty standardisoimaan koulutusta. Vertailemalla TVH:n laskijoiden tuloksia keskenään saadaan arvion homogeenisen koulutuksen saaneen ryhmän reliabiliteetista. Alkuperäisiä tuloksia on esitetty taulukossa 30 ja kuvissa 14 (a) - (d). Kuvan muodostamiseksi reliabiliteetin toiminnallista merkityksestä on yhtäpitävyys eri laskentojen välillä esitetty liitetaulukossa 12 tilanteessa, jossa aineisto on luokiteltu kuuteen luokkaan 1=0-200, 2=201-300, 3=301-400, 4=401-500, 5=501-800 ja 6= yli 800 ajoneuvoa tunnissa.

Piirin tuloksia on verrattu konelaskennan tuloksiin kuvassa 14 (a). Piiri tuottaa n. 4 % korkeampia määriä kuin konelaskenta. Satunnaisvaihtelu oli huomattava (CV = 12.6). Suurin yksittäinen ero oli lähes 500 auto tunnissa. Luokitellussa tilanteessa yhtäpitävyydelle saatiin  $\alpha = 0.77$ .



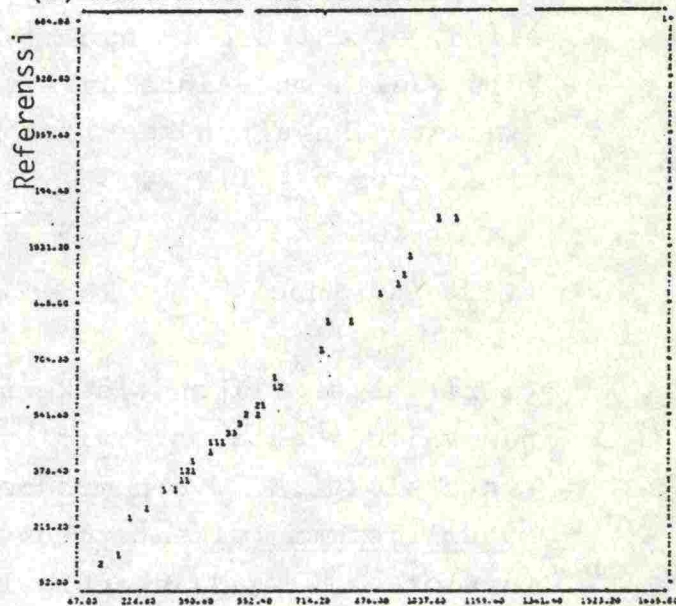
Kuva 14: Liikennemäärätietojen luotettavuus

(a) Piirin validiteetti



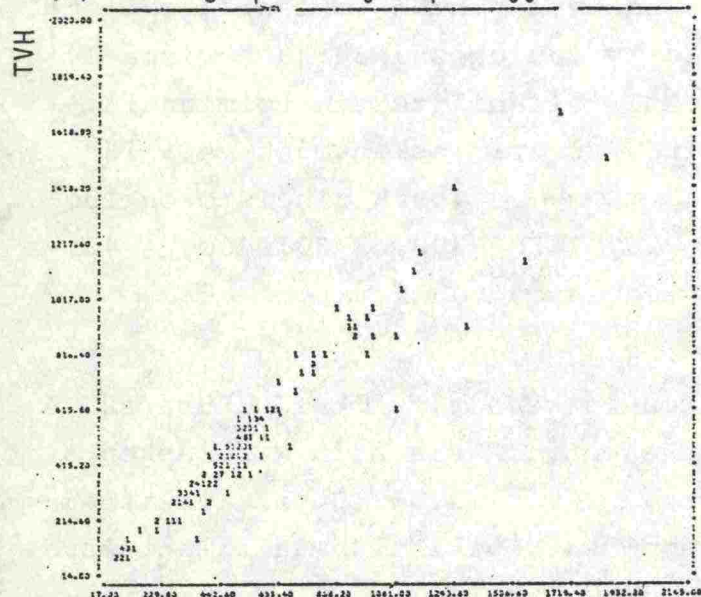
Kone

(b) Referenssi validiteetti



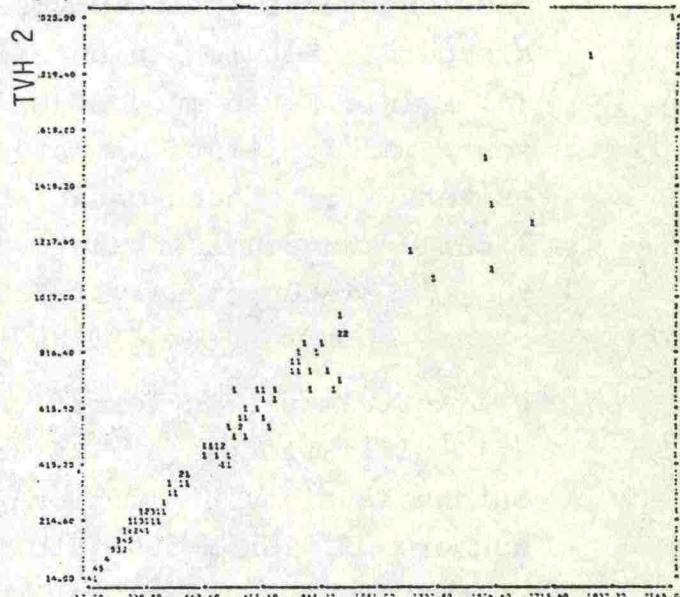
Kone

(c) TVH:n ja piirin yhtäpitävyys



Piiri

(d) TVH:n reliabiliteetti



TVH 1



Taulukko 30: Liikennemäärätietojen luotettavuus

Aineisto	N	$\bar{X}_1$	$\Delta\bar{X}$	R	CV	$\rho$
Kone - piiri	182	477	-21	0.96	12.6	0.77
Kone - referenssi	66	547	-11	1.00	2.9	0.98
TVH - piiri	194	486	-30	0.96	12.2	0.68
TVH - TVH	148	429	+22	0.99	11.4	0.81

Referenssi- ja konelaskennan yhtäpitävyys on esitetty kuvassa 14 (b). Yhtäpitävyys on hyvä (CV = 2.9). Referenssilaskennassa havaitaan keskimäärin 2 % enemmän autoja kuin konelaskennassa. Tasoero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Näin ollen hyvään validiteettiin on mahdollista päästä. Luokitellussa tilanteessa yhtäpitävyys oli erittäin hyvä ( $\rho = 1.00$ ).

TVH:n ja piirin laskentatuloksiin on verrattu keskenään kuvassa 14 (c). Piiri tuottaa systemaattisesti n. 6 % korkeampia liikennemääriä kuin tie- ja vesirakennushallitus. Satunnaisvaihtelu on huomattava (CV = 12.2). Yhtäpitävyys luokitellussa aineistossa oli  $\rho = 0.68$ .

TVH:n rinnakkaislaskentatuloksia on esitetty kuvassa 14 (d). Mittausten välillä haivaittiin n. 5 % tilastollisesti merkitsevä tasoero. Myös vaihtelu oli melkoinen (CV = 11.4). Luokitellussa tilanteessa  $\rho = 0.81$ .

Piiri, TVH ja referenssi rekisteröivät myös ajoneuvotyyppin. Laskentatulosten luotettavuudessa ei voitu havaita tilastollisesti merkitseviä eroja kevyen ja raskaan liikenteen välillä. TVH:n laskijoilla ei voitu havaita eroja yhtäpitävyydessä laskentasuunnitien lukumäärän mukaan. Piiri sen sijaan tuotti konelaskentaan nähden selvän yliarvion liikenteestä kahden suunnan ollessa kysymyksessä. Kone- ja referenssilaskennan tulosten ero ei riippunut liikennemäärästä. Piirin ja TVH:n osalta luotettavuus heikkeni liikennemäärän ylittäessä 800 ajoneuvoa tunnissa. TVH:n laskijoiden tuloksen luotettavuus vaihteli laskijasta toiseen. Piirin laskijat tuottivat neljänä ensimmäisenä laskentatuntina korkeampia arvoja sekä viidennellä ja kuudennella tunnilla alhaisempia arvoja kuin TVH:n laskijat.



Virheen toiminnallinen merkitys nähdään siitä, että teoreettinen liikennemäärä keskimäärin 95 %:n todennäköisyydellä on 12-20 autoa tunnissa alhaisempi kuin havaittu arvo. Näin ollen koko aineiston havaitun keskiarvon ollessa 498 sijaitsee teoreettinen arvo välillä 468 - 486.

#### 6.14 Kantavuus

Kantavuustiedon osalta tavoitteena oli selvittää kantavuusmittausmenetelmän reliabiliteettia ja validiteettia sekä tierekisterissä olevan tiedon validiteettia. Edelleen pyrittiin selvittää tiedon luotettavuuden riippuvuutta tien ominaisuuksista, liikenteestä ja mittausolosuhteista.

Mittausmenetelmän reliabiliteetin arvioimiseksi suoritettiin jokaisessa mittauspisteessä kaksi mittausta muutaman minuutin välein sekä vuorokauden kuluttua. Kantavuustieto rekisteröidään tieosakohtaisena ja rekisteröitävä tulos muodostuu kymmenen mittauspisteen keskiarvosta. Samoilla tieosilla suoritettiin toistomittauksia kuitenkin eri pisteissä menetelmän validiteetin arvioimiseksi. Tieriekisterin validiteetin arvioimiseksi verrattiin referenssimittauksen tuloksia tieriekisterituloksiin.

Verrattaessa saman mittauspisteen peräkkäisiä taipuma-arvoja voitiin havaita, että  $R = 0.99$  mutta että toisella mittauskerralla esiintyi noin 4 % korkeampia arvoja kuin ensimmäisellä mittauskerralla. Toistettavuus heikkeni taipuma-arvon kasvaessa. Voitiin havaita, että toistettavuus vaihteli mittauksen suorittajan mukaan.

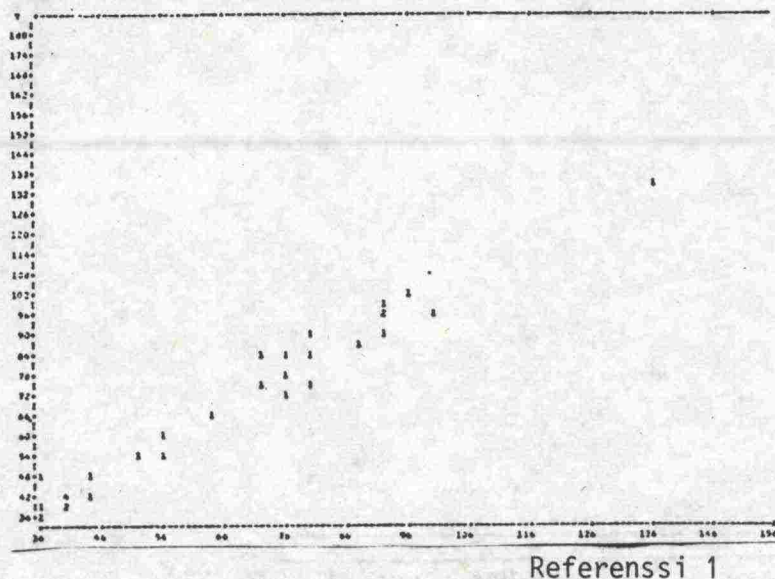
Mittausmenetelmän ja tieriekisterin validiteetin arvioimiseksi tarkasteltiin tieosakohtaisesti taipumakeskiarvoa, kesäkantavuutta, kevätkantavuutta ja vaihtelukerrointa. Taipumakeskiarvojen ja kevätkantavuusarvojen osalta tulokset on esitetty taulukossa 31 sekä kuvissa 15 ja 16. Taipumakeskiarvojen osalta voitiin havaita korkea reliabiliteetti ( $R = 0.99$ ).



Kuva 15: Tieosakohtaisen taipumakeskiarvon mittausmenetelmän reliabiliteetti ja validiteetti sekä tierekisterin validiteetti

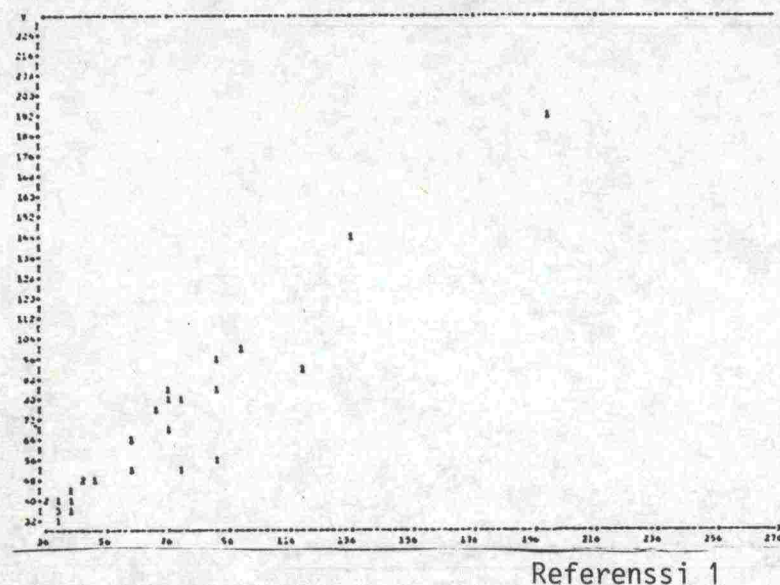
(a) Mittausmenetelmän reliabiliteetti

Referenssi 2



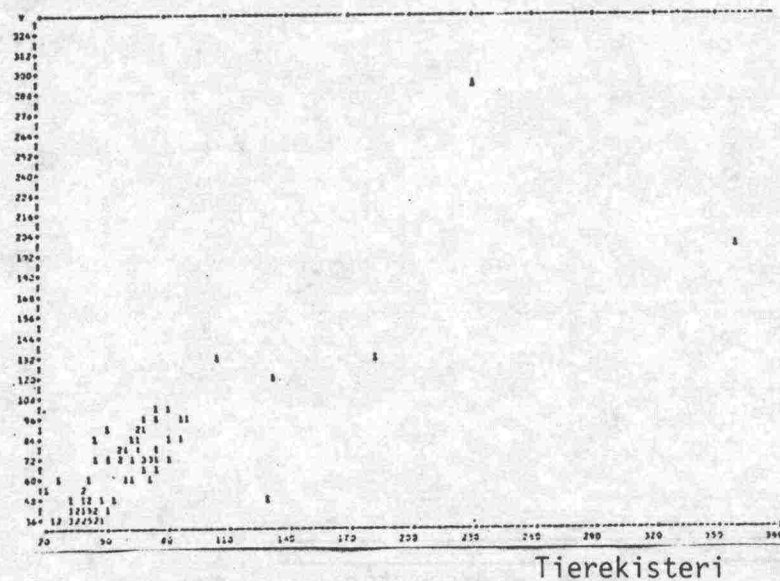
(b) Mittausmenetelmän validiteetti

Referenssi 3



(c) Tierekisterin validiteetti

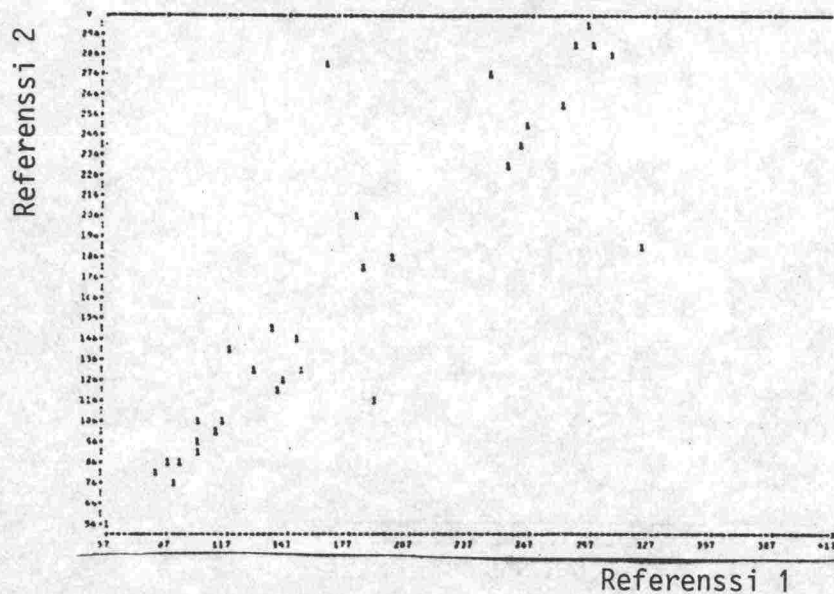
Referenssi 1



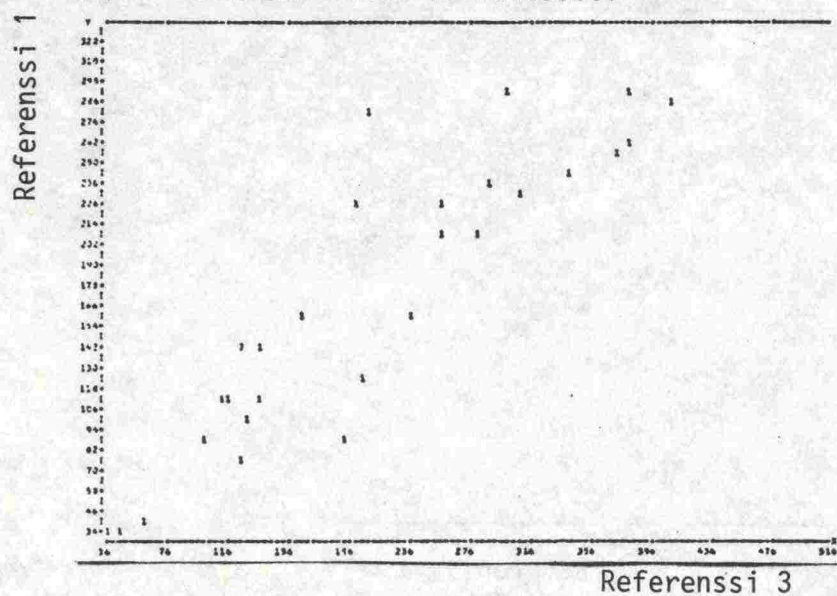


Kuva 16: Tieosakohtaisen kevätkantavuusarvon mittausmenetelmän reliabiliteetti ja validiteetti sekä tierekisterin validiteetti

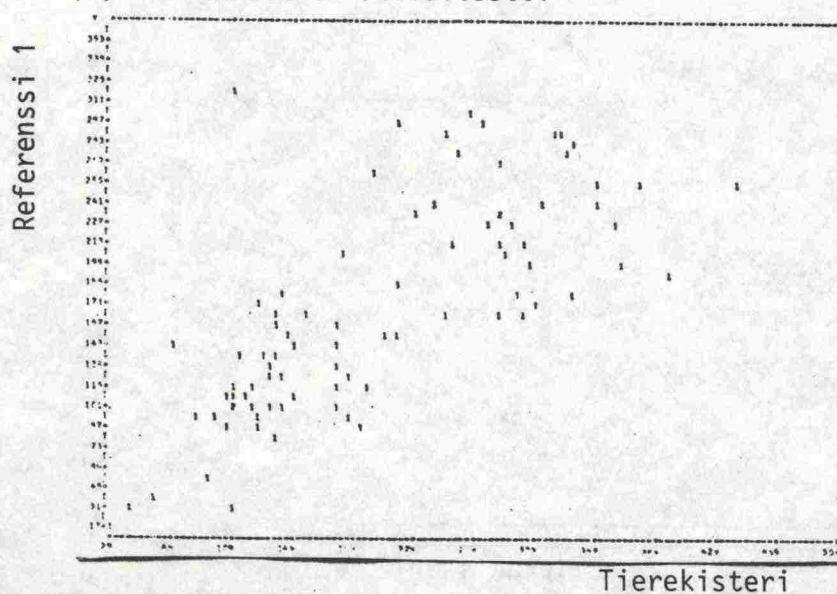
(a) Mittausmenetelmän reliabiliteetti



(b) Mittausmenetelmän validiteetti



(c) Tierekisterin validiteetti





Taulukko 31: Tieosakohtaisten taipumakeskiarvojen ja kevät-kantavuusarvojen reliabiliteetti ja validiteetti

Ominaisuus	Taipumakeskiarvo				Kevätkantavuus		
	N	$\bar{X}$	$\Delta \bar{X}$	R	$\bar{X}$	$\Delta \bar{X}$	R
Mittausmenetelmä							
- reliabiliteetti	32	65.6	-3.2	0.99	177	6	0.90
- validiteetti	28	70.4	4.6	0.96	173	-38	0.90
Tierekisterin validiteetti							
- alkuperäinen	86	70.0	27.8	0.32	172	-113	0.16
- korjattu	86	69.5	6.6	0.83	171	-35	0.74

Myös mittausmenetelmän validiteetti oli korkea ( $R = 0.96$ ), mikä merkitsee, että kymmenen pistettä edustavat hyvin koko tieosaa. Tieriekisterin validiteetti oli heikko ( $R = 0.32$ ). Tämä johtui osittain siitä, että piirissä 01 oli systemaattinen virhe, eli 4 kertaa liian alhaisia arvoja. Korjauksen jälkeen R-arvot nousivat 0.83:een. Kesä- ja kevätkantavuusarvojen validiteetti oli huonompi. Tämä merkitsee sitä, että lämpö- ja kevätkorjauskertoimia tulisi tarkistaa.

Päätieverkon tulokset ovat validimpia kuin muun tieverkon tulokset. Liikennemäärää ei voitu havaita vaikuttavan validiteettiin.

Taipumakeskiarvon virheen toiminnallinen merkitys nähdään siitä, että teoreettinen arvo keskimäärin 95 %:n todennäköisyydellä on 1.3 - 6.6 yksikköä korkeampi kuin havaittu arvo. Näin ollen koko aineiston havaitun keskiarvon ollessa 62.9 sijaitsee teoreettinen arvo välillä 64.2 - 69.5.

#### 6.15 Tulosten yhteenveto

Tutkituista tietolajeista on taulukossa 32 ilmoitettu luokituksen (tieto-osaa), esiintyvyyden (havaitsemisen) ja sijainnin validiteetin ja reliabiliteetin yhtäpitävyydestä (R-kerroin tai  $\chi^2$ -kerroin) sekä tasoero ( $\Delta \bar{x}$  %).



Taulukko 32: Yhteenveto eri muuttujien reliabiliteetista ja validiteetista koko aineistossa

Muuttuja	Tunnusluku		$\Delta\bar{x}$ %	
	Rel.	Val.	Rel.	Val.
1. Luokitus	(R-kerroin)			
Tieosan pituus	1.00	1.00	0.0	0.1
Mäkisyys	0.97	0.89	5.4	8.3
Kaarteisuus	1.00	0.94	0.9	4.8
Näkemäprosentti	0.96	0.93	0.5	1.7
Kunta <sup>1)</sup>	1.00	1.00	-	-
Ajoradan leveys	0.97	0.76	0.5	3.9
Päällyste <sup>1)</sup>	1.00	0.79	-	-
Pient. leveys	0.99	0.90	9.9	15.5
Silta <sup>1)</sup>	0.97	0.91	-	-
Pyörätie ja jalkakäytävä <sup>1)</sup>	-	0.23-0.95	-	-
Liikenne	1.00	0.96	2.0	5.0
Kantavuus	0.90-0.96	0.74-0.83	4.4	9.5-20.5
2. Esiintyvyys	(K-kerroin)			
Kunta	1.00	1.00		
Ajoradan leveys	0.68	0.29 <sup>2)</sup>		
Päällyste	1.00	0.79		
Valaistus	0.94	0.80 <sup>2)</sup>		
Pient. leveys	0.91	0.43		
Liittymä	0.92	0.85		
Silta	0.97	0.92		
Pyörätie ja jalkakäyt.	-	0.32 <sup>2)</sup>		
3. Sijainnin määrittely	(CV-kerroin)			
Kunta	0.5	0.9	0.1	0.1
Päällyste	0.2	1.0	0.0	0.0
Valaistus	0.2	3.6	0.0	0.6
Liittymä	0.5	2.6	0.0	0.1
Silta	0.1	2.9	0.0	0.4
Pyörätie ja jalkakäyt.	-	0.8	-	0.5

1) Kappa-kerroin

2) Tierekisterissä on vähemmän pisteitä



Luokittelun osalta reliabiliteetti vaihtelee 0.90 - 1.00 välillä eli luokittelu voidaan suorittaa luotettavasti. Tasoeroja mittauskertojen välillä esiintyy kuitenkin tietolajeilla pientareen leveys (9.9 %), mäkisyys (5.4 %) ja kantavuus (4.4 %). Validiteetti, eli yhtäpitävyys referenssin ja tierekisterin välillä on heikompi vaihdellen 0.23 - 1.00 välillä. Heikoin se on pyöräteiden ja jalkakäytävien leveyden ( $R = 0.23$ ) osalta, samoin on validiteetti heikohko kevätkantavuuden ( $R = 0.74$ ), ajoradan leveyden ( $R = 0.76$ ) ja päällysteen ( $R = 0.79$ ) osalta. Suurimmat tasoerot tierekisterin ja referenssin välillä esiintyvät tietolajeilla kevätkantavuus (20.5 %), pientareen leveys (15.5 %), taipumakeskiarvo (9.5 %) ja mäkisyys (8.3 %).

Luokituksen vaihtumiskohtien esiintyvyyden osalta reliabiliteetti on hyvä ( $\kappa = 0.91 - 1.00$ ) kaikkien muiden tietolajien osalta paitsi ajoradan leveyden ( $\kappa = 0.68$ ) osalta. Vaihtumiskohdat pystytään siis luotettavasti havaitsemaan. Validiteetti on heikompi ( $\kappa = 0.32 - 1.00$ ). Heikoin se on tietolajien ajoradan leveys ( $\kappa = 0.29$ ) pyörätie- ja jalkakäytävä ( $\kappa = 0.32$ ) ja pientareen leveys ( $\kappa = 0.43$ ) osalta. Tietolajien ajoradan leveys, valaistus sekä pyörätiet ja jalkakäytävät osalta sekä lievästi myös päällysteen osalta esiintyy systemaattisesti vähemmän vaihtumiskohtia tierekisterissä kuin mitä referenssi havaitsee.

Eri tietolajien sijainnin mittaamisen osalta reliabiliteetti ( $CV = 0.1 - 0.5$ ) on samaa suuruusluokkaa kuin tieosan pituusmittauksessa ( $CV = 0.1$ ), eli hyvä. Validiteetin osalta esiintyy suurempaa vaihtelua ( $CV = 0.8 - 3.6$ ) kuin pituusmittauksessa ( $CV = 0.4$ ). Tämä johtuu kuitenkin suurelta osalta joissakin piireissä tierekisterissä esiintyvistä virheistä. Tasoeroja ei esiintynyt aineistossa.

Yhteenvedonomaaisesti voidaan eri tietolajeista todeta seuraavaa: Tieosan pituustieto on sekä mittausmenetelmän osalta että tierekisterissä erinomainen. Pari isompaa systemaattista virhettä tierekisterissä ovat merkityksettömiä. Samoin yhdessä piirissä esiintyvä pieni systemaattinen virhe omalla merkityksellä. Pituusmittauksen suuri tarkkuus muodostaa vankan pohjan muiden tietolajien inventoinnille.



Mäkisyyden mittausmenetelmää olisi huolella analysoitava, koska tutkimuksen kestäessä tapahtui muutos referenssimittaajan menettelytavassa. Tiedon laatu tierekisterissä on heterogeeninen ollessa joissakin piireissä suhteellisen hyvä. Tulosten luotettavuus heikkenee isoilla mäkisyysluvuilla. Toisaalta luotettavuus on parempi pienemmillä teillä.

Kaarteisuuden mittausmenetelmä on luotettava. Huolimattomasti käytettynä se kuitenkin tuottaa hyvinkin vaihtelevia tuloksia. Aineiston laatu onkin rekisterissä heterogeeninen ollessa joissakin piireissä hyvä ja toisissa taas epäluotettava. Luotettavuus on parempi pienemmillä teillä.

Näkemäprosenttien mittausmenetelmä on toiminnallisessa mielessä riittävän luotettava. Reliabiliteetti on heikompi pienillä teillä ja paranee näkemien pidentyessä. Tierekisterissä esiintyy systemaattisia virheitä. Yleensä ottaen myös tierekisteritieto on kuitenkin toiminnallisessa mielessä riittävän hyvä.

Kuntaluokituksen ja kunnan rajan havainnoinnin validiteetti ja reliabiliteetti on käytännöllisesti katsoen täydellinen. Kunnan rajan tarkan sijainnin määrittelyssä ei esiinny virhettä enempää kuin pituusmittauksessa yleensä. Validiteetin osalta esiintyy kahtena vuonna jonkin verran suurempi virhe kuin pituusmittauksessa. Laatu on kaikenkaikkiaan erinomainen.

Ajoradan leveyden vaihtumiskohtien havainnoinnin reliabiliteetti on heikko. Referenssimittaajan mittaustavassa tapahtui muutosta koko tarkkailun ajan. Tierekisterissä, jonka validiteetti oli heikko on vähemmän vaihtumiskohtia kuin mitä referenssi havaitsee. Ajoradan keskimääräisen leveyden osalta reliabiliteetti on suhteellisen hyvä, mutta validiteetti heikko. Reliabiliteetti on parempi isommilla kuin pienillä teillä. Sama koskee validiteettia. Piirien välillä esiintyy eroja validiteetissa.

Päällysteen reliabiliteetti oli täydellinen sekä vaihtumiskohtien havainnoinnin että luokituksen osalta. Vaihtumiskohdan tarkan sijainnin määrittelyvirhe oli samaa suuruusluokkaa kuin pituusmittauksessa. Vaihtumiskohtien havainnoinnin validiteetti



oli huonohko vuosina 1977 ja 1978. Vuonna 1977 esiintyi vähemmän vaihtumiskohtia tierekisterissä, kuin mitä referenssi havaitsi. Luokituksen validiteetti oli myös heikohko vuosina 1977-1978. Tällöin rekisterissä oli enemmän alempiluokkaisia päällysteitä kuin mitä referenssi havaitsi.

Valaistuksen esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti on hyvä. Etelä-Suomessa referenssi kuitenkin havaitsi enemmän kohteita, kuin mitä tierekisterissä on. Kohteen tarkan sijainnin reliabiliteetti on hyvä. Validiteetti ei kuitenkaan ole niin hyvä, kuin reliabiliteetti edellyttäisi sisältäen kahtena vuonna systemaattisia virheitä.

Pientareen leveyden vaihtumiskohtien havainnoinnin reliabiliteetti oli hyvä, mutta validiteetti oli heikko. Luokituksen reliabiliteetti oli tyydyttävä validiteetin ollessa heikko. Validiteetti oli parempi päätieverkolla kuin muulla tieverkolla.

Liittymän esiintyvyyden reliabiliteetti ja validiteetti on hyvä. Luokituksen reliabiliteetti ja validiteetti on erinomainen. Liittymän tarkan sijainnin määrittelyn reliabiliteetti oli yhtenä mittausvuotena hiekkohko, muuten se oli hyvä. Validiteetti oli heikohko kahdessa piirissä.

Sillan havainnoinnin luotettavuus on hyvä sekä yleensä että tierekisterissä. Samoin sillan tarkan sijainnin määrittelyyn ei liity periaatteellista vaikeutta. Muutamissa piireissä esiintyy tosin virheitä. Luokituksen reliabiliteetti ja validiteetti on korkea.

Pyöräteiden ja jalkakäytävien havaitsemiseen samoin kuin leveyden määrittämiseen näyttää liittyvän vaikeuksia. Lähinnä näyttää siltä että kaikkia kohteita ei ole rekisteröity. Pituusmittaus on yhtä tarkka kuin tieosan pituusmittaus yleensä lukuunottamatta yhdessä piirissä. Tiedon luokitus on yleensä ottaen hyvä. Tosin keksimääräisessä leveydessä on toivomisen varaa.

Liikennelaskennassa referenssiryhmä tuottaa tuloksen, joka



poikkeaa hyvin vähän konelaskentatuloksista. Piiri tuottaa suurempia liikennemääriä kuin konelaskenta. Piirin ja TVH:n palkkaamien laskijoiden tulokset poikkeavat huomattavasti toisistaan. Myös tie- ja vesirakennushallituksen rinnakkaismitauksissa voitiin havaita tasoeroja. Piirin laskennan tuloksen luotettavuus oli huonompi kahden laskentasuunnan ollessa kyseessä kuin jos vain yksi suunta oli seurattavana. Piirin osalta voitiin myös havaita huonontumista luotettavuudessa liikennemäärän ylittäessä 800 ajoneuvoa tunnissa. Tulosten luotettavuus oli riippuvainen laskijasta ja laskentatuntien lukumäärästä. Luotettavuus oli sama kevyellä ja raskaalla liikenteellä.

Taipumamittauksen reliabiliteetti ja validiteetti oli hyvä. Tämä merkitsee sitä, että samassa pisteessä suoritettut peräkäiset ja myös muutaman viikon aikavälillä suoritettut mittaukset antavat käytännöllisesti katsoen saman tuloksen. Tieosa-kohtaisissa tarkasteluissa ei myöskään mittauspisteiden toisenlainen sijainti vaikuttanut tulokseen. Taipumatiedon validiteetti tierekisterissä oli tyydyttävä sen jälkeen, kun yhdessä piirissä esiintyvä systemaattinen rekisteröintivirhe oli korjattu. Kevät- ja kesäkantavuustietojen reliabiliteetti oli suhteellisen hyvä. Validiteetti oli sen sijaan selvästi heikompi kuin taipuma-arvoilla, joten korjauskertoimien valinnassa lienee toivomisen varaa.

Taulukossa 33 on esitetty tierekisterissä olevien tietojen luokituksessa havaittujen virheiden aiheuttamat vaihteluvälit keskiarvon ympäri.



Taulukko 33: Rekisterissä olevien mittausvirheiden toiminnallinen merkitys (maantiet)

Muuttuja	Tierekisterin keskiarvo	Vaihteluväli (95 %)
Tieosan pituus (m)	5248	5250-5254
Mäkisyys (m/km)	12.1	12.8-13.6
Kaarteisuus (g/km)	57.2	57.8-62.4
Näkemäprosentti (> 300)	52.8	52.4-55.0
Ajoradan leveys (m)	6.22	6.42-6.52
Pientareen leveys (cm)	38.2	42.8-47.6
Pyörät. ja jk:n leveys (m)	2.56	2.43-2.67
Liikennemäärä (KVL)	498	468-486
Taipumakeskiarvo (0.1 mm)	62.9	64.2-69.5



## 7 KUSTANNUKSET

Työn kestäessä ei varsinaista kustannusseurantaa suoritettu. Suunnittelukustannuksia on jälkikäteen suhteellisen vaikeata arvioida, koska suunnittelu on tapahtunut pitkän aikavälin puitteissa toteutuksen kestäessä. Suunnittelukustannukset on arvioitu tässä siten, että laskelmaan on otettu ne vaiheet, jotka johtivat lopulliseen ratkaisuun. Toteuttamiskustannuksista on muodostettu suhteellisen tarkka arvio.

Kustannukset on esitetty taulukossa 34. Systeemisuunnitteluun kului 2 mtkk henkilöltä, jolla oli tilastollinen ja ATK-tekni-  
nen peruskoulutus sekä kokemusta systeemisuunnittelusta, tie-  
rekisteristä ja laadunvalvonnasta. ATK-suunnitteluun kuului 4  
mtkk. Toteutuksessa suurin kustannus syntyy referenssimittauk-  
sesta. Tietokoneajot näyttelevät mitätöntä osaa.

Taulukko 34: Kustannusarvio

Työvaihe tai kustannuserä	Miestyö- kuukausi	Kustannus (1 000 mk)
Suunnittelu		50
- systeeminsuunnittelu	2	30
- atk-suunnittelu	4	20
Toteutus/vuosi	4	47
- keräys, henkilökust.		16
- keräys, mittausautokust.		12
- atk, valmistelu	1	3
- atk, konekustannus		1
- raportointi	1	15
Yhteensä		97



Ratkaisun suunnittelu ja toteutus yhtenä vuonna sitoo resursseja yhden miestyövuoden siten, että atk-työ vie noin puolet ajasta ja toinen puoli jakautuu tasan toisaalta kenttämittaus- sekä toisaalta suunnittelu- ja raportointiresurssien välillä.

Rutiinitoteutus tulisi maksamaan n. 37 000 mk vuodessa koska raportointikustannukset vähenevät.



## 8. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä on koottu keskeiset havainnot ja johtopäätökset koko LAVA-projektin ja siihen liittyvien osaprojektien osalta. Seuraavassa esitetään tietolajikohtaisesti tietojen mittausmenetelmän laatu, tierekisteritiedon laatu ja mahdolliset toimenpidesuosituksukset. Lopuksi arvioidaan yleisesti laadunvalvontajärjestelmän merkitystä ja toteutusedellytyksiä.

### Pituusmittaus ja tieosan pituus

Pituusmittauksen laatu arvioitiin tieosan pituuden perusteella. Koska tieosan pituuden mittaukseen liittyy paitsi varsinainen pituusmittaus myös tieosan jakopisteen sijainnin määrittely, antaa saatu arvio alarajan luotettavuudelle. Jakopisteen sijainnin määrittelyn aiheuttama virhe on pienin sillan ollessa jakopisteenä. Pituusmittausmenetelmä on erinomainen. Esimerkiksi 5 000 metrin matkalla mittausvirhe on vain noin 2 metriä. Pituusmittaria ja mittausautoa tulee kuitenkin määrävälein huolella kalibroida mittaradalla koska esimerkiksi virheelliset ilmapaineet auton renkaissa voivat heikentää tiedon laatua.

Tierekisterissä mittausvirhe on kolme kertaa suurempi kuin laadunvalvonnan mittauksissa. Havaitut piirien väliset erot luotettavuudessa saattavat johtua siitä, että eri piireissä jakopisteet ovat erityyppisissä kohdissa. Suurin havaittu virhe tierekisterissä aiheuttaisi noin 1 kilometrin virheen koko piirin tiepituuksiin.

Pituusmittauksen laadun parantamiseksi ei ole syytä ryhtyä toimenpiteisiin. Nykyinen jakopisteiden määrittelykäytäntö on riittävä. Jakopisteiden erityisellä merkitsemisellä ei saavuteta lisätarkkuutta.



## Geometria

Geometriatietojen keräys tapahtuu tilapäistä opiskelijatyövoimaa käyttäen. Tästä johtuen eri vuosina ja eri alueilla mittauksen suorittavat eri henkilöt. Mittauslaitteina käytetään mäkisyyden osalta barometriä, kaarteisuuden osalta gyroskooppiä ja näkemien osalta kahta mittausautoa. Mittaustulosten perusteella muodostetaan tieosakohtaiset keskimääräiset tunnusluvut.

## Mäkisyys

Mäkisyyden mittausmenetelmän toistettavuus on tyydyttävä. Suurilla korkeuseroilla barometri saattaa aiheuttaa virheitä. Rutiinimittaukselle tyypillesesti on referenssimittaaja ilmeisesti ajan mittaan yksinkertaistanut työskentelytapansa. Tämä linee syynä havaittuun referenssimittausten laadun heikkenemiseen.

Tierekisterin mäkisyysluvun laadun osalta esiintyy eri alueiden välillä eroja laadun ollessa joillakin alueilla erittäin epäluotettava. Erot johtuvat siitä, että vuodesta toiseen vaihtuvien mittaajien välillä on suuriakin eroja huolellisuudessa. Laatu oli rekisterissä epäluotettavampi teillä, joilla tasausviivan taitepisteet ovat vaikeasti havaittavissa.

Sekä referenssimittaajan että tierekisteritietojen varsinaisten mittaajien toistuva koulutus ja valvonta on välttämätöntä. Tietojen automaattinen rekisteröinti eliminoisi rekisteröintivirheen. Nykyistä parempi barometri parantaisi myös laatua. Ainakin yhden piirin alueella mäkisyystiedot tulisi heikon laadun takia mitata uudestaan.

## Kaarteisuus

Kaarteisuusmittaus edellyttää kaarteiden alku- ja loppupisteen määrittelyn osalta valppautta. Huolella suoritettuna on kaarteisuusmittaus luotettava.



Tierekisterissä tiedon laatu ei kuitenkaan ole niin hyvä kuin menetelmän luotettavuuden perusteella voisi odottaa. Joillakin alueilla laatu on erittäin huono. Rakennetuilla, loivasti kaarteilevilla teillä kaarteiden alku- ja loppupistettä on vaikeampi määrittää ja tältä osin aineisto on epäluotettavampi. Voimakkaasti kaarteilevilla teillä laatu on parempi.

Automaattinen rekisteröinti tuottaisi stabiilimpia tuloksia. Mittaajia on toistuvasti koulutettava ja valvottava. Osa tierekisteriaineistoista on mitattava uudestaan.

#### Näkemät

Näkemämittausmenetelmä tuottaa luotettavia tuloksia.

Tierekisteritieto ei kuitenkaan koko rekisterissä ole niin luotettava kuin mitä menetelmän luotettavuuden perusteella voisi odottaa. Tieriekisterin laadussa on alueittaista vaihtelua.

Menetelmää voidaan soveltaa kuten ennenkin. Koulutusta ja valvontaa tulisi kuitenkin lisätä. Yhden piirin mittauksen uudelleenmittaustarvetta tulisi lähemmin tutkia.

#### Kunta

Tieto on luotettava.

#### Ajoradan leveys

Ajoradan leveyden vaihtumiskohtien havaitsemisen tarkkuus lisääntyi referenssimittaajalla vuodesta toiseen ja peräkkäisistä mittauskerroista toiseen. Keskimääräisiin tieosakohtaisiin tuloksiin tämä ei vaikuttanut. Leveillä, rakennetuilla, reunaviivoilla varustetuilla teillä toistettavuus oli parempi.

Vaihtumiskohtien havaitsemisessa tierekisteritiedot olivat



huomattavasti ylimalkaisempia kuin referenssimittaja-  
tiedot. Tästä ehkä johtuu, että tierekisterissä on keski-  
määrin 25 cm kapeammat ajoradat. Virhettä esiintyy erityi-  
sesti rakentamattomilla sorateilla.

Ohjetta vaihtumiskohdan määrittelytavasta on täsmennettävä  
subjektiivisten virhetekijöiden vähentämiseksi. Koulutusta  
on lisättävä. Varsinkin sora- ja öljysorateiden tietojen  
hyväksikäytössä on harkittava puolen metrin luokituksen käyt-  
töä. Muutamien piirien alueella olisi harkittava lisätarkis-  
tusten suorittamista.

### Päällyste

Päällysteiden (luokitus: kesto, kevyt, sora) havainnointiin  
ei liity mitään periaatteellista vaikeutta, vaan koulutettu  
mittaaja pystyy hyvin tarkasti havaitsemaan kaikki muutokset  
kentällä.

Tierekisterin inventoinnin yhteydessä, jonka ovat suoritta-  
neet useat mittaajat, syntyy kuitenkin päällysteen vaihtumis-  
kohdan sijainnin ja päällysteluokan määrittelyssä pieniä  
virheitä. Tiererekisterin päivitysjärjestelmä ei ole myöskään  
toiminut moitteettomasti. Lähinnä osa niistä soratieosista,  
jotka on päällystetty öljysoralla on jäänyt ilmoittamatta  
tierekisteriin. Sama piirre on havaittavissa kun öljysora-  
teita kestopäällystetään.

Johtopäätöksenä todettakoon, että uudelleenmittauksia ei ole  
toistaiseksi välttämätöntä suorittaa. Päällysteen vaihtumis-  
tiedon vienti rekisteriin tulisi varmistaa virheen kasvun  
estämiseksi.

### Valaistus

Valaistujen kohtien havainnointiin ja sijainnin määrittelyyn  
ei liity periaatteessa mitään vaikeuksia.

Tierekisterissä esiintyy kuitenkin sijainnin määrittelyssä



pieniä virheitä jotka ovat suurempia kuin pituusmittauksen tarkkuus edellyttäisi. Lisäksi esiintyy yksitteisiä kohteita, joissa on suuri virhe pituuden määrittelyssä. Tämä saattaa johtua siitä, että päivitys ei ole toiminut silloin kun valaistusta on jatkettu. Lisäksi joko alkuinventoinnissa tai päivityksessä kaikkia valaistuja kohteita ei ole viety rekisteriin, koko aineistossa noin 20 % kohteista puuttuu. Erityisesti tämä ilmiö oli havaittavissa Etelä-Suomessa.

Tulisi selvittää, johtuvatko valaistujen kohteiden puuttuminen tierekisteristä puutteellisesta alkuinventoinnista, päivityksen laiminlyönnistä vai inventointiohjeiden puutteista. Tiedon laatua on parannettava tierekisterissä.

#### Pientareen leveys

Pientareen leveyden vaihtumiskohtien havainnointi ei tuottanut vaikeuksia referenssimittajalle. Leveyden arvioinnissa tosin esiintyi vaihtelua, joka ei kuitenkaan ollut systemaattista. Tulosten luotettavuus ei riippunut tien luokasta.

Tierekisterimittauksissa pientareen leveyden vaihtumiskoh-  
tien havainnointi on suhteellisen epäluotettavaa. Pientareen keskimääräinen leveys on noin 15 % pienempi tierekisterissä kuin referenssimittauksessa, virheen ollessa kuitenkin pienempi korkeampiluokkaisilla teillä. Määrätyillä alueilla tierekisteritietojen laatu oli erittäin huono.

Johtopäätöksenä todettakoon, että tieto eräillä alueilla tulisi uudelleen inventoida. Tätä varten tulisi ensin selvittää, minkätyyppisillä teillä laatu on huono tierekisterissä. Lisäksi tulisi mittausohjeita täsmentää. Koska referenssimittajan tulos oli luotettavampi kuin varsinaisten mittajien, tulisi koulutusta lisätä.

#### Liittymä

Liittymien havaitseminen on sekä referenssimittauksissa että



tierekisterissä hyvä. Liittymiä jää kuitenkin molemmissa tapauksissa jostain syystä havaitsematta. Liittymän sijainnin määrittely on referenssimittauksessa yhtä hyvä kuin pituusmittausmenetelmän tarkkuus edellyttää. Tierekisterissä tiedon laatu on tasainen kolmea piiriä lukuunottamatta. Luokituksen luotettavuus oli täydellinen referenssimittauksessa ja käytännöllisesti katsoen täydellinen tierekisterissä.

Eräillä alueilla tulisi selvittää havaittujen virheiden syyt ja tarvittaessa suorittaa uudelleenmittauksia.

### Silta

Siltojen havaitsemisen luotettavuus on hyvä joskin referenssimittajaalta jää joitakin siltoja havaitsematta ja tierekisteristä samoin joitakin puuttuu. Sillan sijainnin määrittely on yhtä tarkkaa kuin pituusmittaus yleensä. Tierekisterissä on kuitenkin Etelä-Suomen alueella selviä sijaintivirheitä. Siltaluokitus on referenssin osalta käytännöllisesti katsoen täydellisesti oikea. Tierekisterissä esiintyy vähäisiä virheitä.

Tulisi selvittää syyt Etelä-Suomen aineiston heikompaan laatuun.

### Pyörätiet ja jalkakäytävät

Pyöräteiden ja jalkakäytävien osalta mittausmenetelmän luotettavuutta ei arvioitu. Tierekisterissä näiden havaitseminen oli epäluotettava. Sen lisäksi että tierekisterissä on kohteita, joita referenssimittaja ei havainnut tieverkolla puuttui noin 15 % kohteista tierekisteristä. Luokituksessa esiintyy vain vähäisiä virheitä paitsi leveydessä, jonka laatu on heikko.

Systemaattisia eroja ei tosin ole. Kohteen sijainnin määrittelyyn ei liity erityistä vaikeutta muualla kuin yhdessä piirissä.



Tulisi selvittää, johtuivatko virheet heikkouksista päivitysjärjestelmässä, ja syyt, miksi leveystieto on niin epäluotettava.

### Liikenne

Hyvin koulutettu, motivoitu ja kokenut laskija pystyy melkein samaan tarkkuuteen kuin kone. Piirin varsinaiset laskijat tuottavat kuitenkin suurempia liikennemääriä kuin kone-laskenta. Tämä viittaa siihen, että he osittain arvioivat liikennemääriä. Eri laskijoiden välillä voitiin havaita systemaattisia eroja. Tuloksen luotettavuus oli heikompi, kun laskijan oli seurattava kaksi laskentasuuntaa yhtäaikaan. Luotettavuus heikkeni myös, kun liikennemäärä ylitti 800 ajoneuvoa tunnissa, ja kun laskenta oli jatkunut yli neljä tuntia. Luotettavuus oli sama raskaalla ja kevyellä liikenteellä.

Jatkossa tulisi kiinnittää erityistä huomiota laskijoiden motivoinnin lisäämiseen ja heidän valvontaansa. Laskenta tulisi järjestää riittävän lyhyinä jaksoina ja laskettavat suunnat tai ajoneuvojen määrä laskijaa kohti olisi pidettävä riittävän alhaisina. Tulisi arvioida laskennassa syntyneiden virheiden ja vuoden keskimääräisen liikenteen määrittelyssä syntyneen estimointivirheen suhde, jotta voidaan arvioida laskentavirheen merkitys koko liikennelaskentajärjestelmän kannalta.

### Kantavuus

Taipumamittausmenetelmä on luotettava. Yhdessä piirissä esiintyneen systemaattisen rekisteröintivirheen korjauksen jälkeen taipumatiedon laatu rekisterissä on tyydyttävä.

Kevät- ja kesäkantavuustiedon heikko taso viittaa siihen, että lämpötilakorjauskertoimen valinnassa on parantamisen varaa.

Jatkossa tulisi erityisesti kiinnittää huomiota lämpötilakertoimen tutkimiseen. Lisäksi tulisi tarkentaa keräyslomakkeet siten,



että systemaattisia rekisteröintivirheitä ei pääse syntymään. Kantavuustiedon laadunarviointi tulisi suorittaa yli koko maan. Kantavuuden muutos ajassa (kuormituskertojen funktiona) olisi myös selvitettävä.

Tierekisteritietojen laatu on yleensä ottaen hyvä, mutta tavallisesti ei yletä mittaamenetelmien edellyttämälle tasolle. Koska tierekisteritiedot on kerätty pitkän aikavälin puitteissa ja useamman mittaajan toimesta ja koska tierekisteritiedot luonteeltaan ovat päivitettäviä, on luonnollista että laatu on heterogeenisempaa ja heikompaa kuin mitä se voisi olla mittaamenetelmän tarkkuuden valossa. Käytettäessä aineistoa, johon sisältyy systemaattisia tai satunnaisia mittausrvirheitä, vaikeutuu aineistosta saatujen tulosten oikea tulkinta. Ei ole kuitenkaan välttämätöntä että aineisto on virheetön, vaan riittää, että asetettu minimitaso saavutetaan koko rekisterissä ja että virheen luonne ja suuruus on tiedossa. Tämän jälkeen voidaan aineistoa käsiteltäessä siitä laskettavia tunnuslukuja korjata tilastollisin menetelmin.

Tulevaisuudessa on erityisesti kiinnitettävä huomiota päivitykseen kohdistuvaan laadunvalvontaan. Koulutuksella ja valvonnalla tulisi pyrkiä standardisoimaan ja parantamaan rekisteriin syötettävien tietojen laatua. Lisäksi on tarkemmin selvitettävä minkä tyyppisillä teillä tai millä alueilla jonkun tietolajin sallittu minimitaso alittuu. Referenssimittauksen luotettavuutta tulisi tarkemmin analysoida. Tähän voisi päästä esim. kahden referenssimittajan rinnakkaismittauksella. Lisäksi olisi selvitettävä mahdollisuuksia korjata joidenkin menetelmien puutteita.

Menetelmällinen valmius laadunvalvonnan suorittamiseksi on olemassa yleisten periaatteiden osalta, tilastollisten menetelmien osalta sekä tulostusohjelmien osalta. Ohjelmisto, joka muuntaa tierekisterinmuotoisen tietueen raportointiohjelmien muotoon ei ole riittävän parametrinen vaan vaihdettaessa valvottavia tietolajeja ohjelmistoa on täydennettävä.



## KIRJALLISUUS

Andrews, F., Morgan, J. and Songvist, J. (1969), Multiple Classification Analysis, ISR, Michigan

Armitage, P. (1971), Statistical Methods in Medical Research, Blackwell, Oxford

Draper, N. and Smith, H. (1966), Applied Regression Analysis, Wiley, New York

Cohen, J. (1960), A coefficient of agreement for nominal scales, Ed. Psyko. Measurement, XX, 1

Fleiss, J.L. (1973), Statistical Methods for Rates and Proportions, Wiley, New York

Fleiss, J.L. Cohen, J., Everitt, B.S. (1969), Large Sample Standard Errors of Kappa and Weighted Kappa Psychological Bulletin, VV1 72, no 5, 323-327

Hald, A. (1952), Statistical Theory with Engineering Applications, Wiley, Tokyo

Johnston, J. (1963), Econometric Methods, McGraw-Hill, New York

Knekt, P. (1976), Näkemämittausten laadunvalvonta (moniste)

Knekt, P. (1976), Tierekisterin laadunvalvonta, pilottitutkimus, TVH, talousosasto, tutkimustoimisto

Knekt, P. (1977), Tierekisterin laadunvalvonta, piirit 07-11, TVH, talousosasto, tutkimustoimisto, A:11

Knekt, P. (1978), Tierekisterin laadunvalvonta, piirit 12-14, TVH, talousosasto, tutkimustoimisto, B:6



Knekt, P. (1978), Liikennelaskennan laaduntarkkailu-  
tutkimus vuonna 1978 (moniste)

Knekt, P. (1978), Liikennelaskennan laaduntarkkailu-  
kokeilu vuonna 1977 (moniste)

Knekt, P. (1979), Kantavuustiedon laadun arviointi-  
kokeilu (KALAVA) (moniste)

Knekt, P. (1979), Pyöräteiden ja jalkakäytävien  
laadunvalvonta vuosina 1976 ja 1977 (moniste)

Knekt, P. (1979), Tierekisterin laadunvalvonta,  
piirit 01-05, TVH, talousosasto, tutkimustoimisto

Searle, S.R. (1971), Lineas Models, Wiley, New York

Sprent, P. (1969), Models in regresion and related  
topics

The University of Michigan: Organised  
Set of Integrated Rutines for Investigation with  
Statistics (OSIRIS III)

Tierekisteri, Inventointiin liittyviä yleisiä ohjeita,  
Helsinki (1976)

Winer, B.J. (1971), Statistical Principles in  
Experimental Design, McGraw-Hill, Tokyo



Liitetaulukot



Liitetaulukko 1 A: Tieosan pituuden mittausmenetelmän reliabiliteetti mittausvuosittain (N = tieosien lukumäärä,  $\bar{X}$  = keskimääräinen pituus metreissä 1. referenssimittauksessa,  $\Delta\bar{X}$  = mittauskertojen keskiarvojen erotus metreissä, CV = vaihtelukerroin prosenteissa, R = reliabiliteettikerroin)

Mittaus- vuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	109	4 593	+10 <sup>xxx</sup>	0.3	1.00
1976	43	4 908	0	0.0	1.00
1977	38	5 964	-2	0.0	1.00
1978	49	5 106	0	0.0	1.00

xxx P < 0.001

Liitetaulukko 1 B: Tieosan pituuden validiteetti tierekisterissä mittausvuosittain ja piireittäin

Vuosi	Piiri	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	06	110	4 618	-1	0.2	1.00
1976	07	26	5 468	+2	0.2	
	08	32	5 117	-9	0.9	
	09	28	5 176	+1	0.2	
	10	42	4 726	+2	0.2	
	11	28	4 779	+5	0.2	
	07-11	156	5 020	0	0.4	1.00
1977	12	46	5 548	-2	0.2	
	13	49	5 787	-14	1.1	
	14	48	5 961	+3	0.3	
	12-14	143	5 769	+4	0.7	1.00
1978	01	42	4 605	-10	0.6	
	02	41	5 063	-6	0.4	
	04	43	5 256	-6	0.3	
	05	38	5 177	-12 <sup>xx</sup>	0.3	
	01-05	164	5 022	-8	0.4	1.00

xx P < 0.01



Liitetaulukko 2A: Mäkisyysmittausmenetelmän reliabiliteetti  
mittausvuosittain

Mittausvuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	109	17.4	0.3	8.7	0.96
1976	43	12.1	0.1	8.2	0.99
1977	38	11.6	0.0	13.5	0.98
1978	49	15.8	1.7 <sup>xx</sup>	18.8	0.95

P < 0.01

Liitetaulukko 2B: Mäkisyysluvun validiteetti tierekisterissä  
mittausvuosittain ja piireittäin

Vuosi	Piiri	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	06	46	13.4	-0.5	19.1	0.80
1976	07	26	17.0	0.7	17.2	0.81
	08	12	13.6	-1.7	24.4	0.41
	09	26	19.5	1.7	13.8	0.92
	10	42	10.6	-1.7	21.9	0.79
	11	22	5.8	-3.0	31.9	0.39
	07-11	128	13.2	-0.7	20.4	0.97
1977	12	16	3.8	-6.5 <sup>xxx</sup>	67.5	0.00
	13	37	17.0	-1.2 <sup>x</sup>	8.2	0.96
	14	18	12.4	-0.6	14.2	0.90
	12-14	71	12.9	-2.0 <sup>x</sup>	18.1	0.95
1978	01	19	13.3	-1.8	19.5	0.93
	02	40	8.9	-1.8	34.7	0.91
	04	39	17.6	0.1	15.8	0.91
	05	14	15.8	0.8	22.4	0.74
	01-05	112	13.5	-0.8	22.5	0.92

xxx P < 0.001

x P < 0.05



Liitetaulukko 3 A: Kaarteisuusmittausmenetelmän reliabiliteetti  
mittausvuosittain

Mittausvuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	109	69.0	0.0	6.4	1.00
1976	43	62.3	-1.2	6.5	1.00
1977	43	29.5	-0.4	2.8	1.00
1978	49	82.1	0.1	2.8	1.00

Liitetaulukko 3 B: Kaarteisuusluvun validiteetti tierekisterissä  
mittausvuosittain ja piireittäin

Vuosi	Piiri	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	06	74	66.0	-9.2 <sup>x</sup>	25.2	0.95
1976	07	23	58.5	-11.0	67.2	0.48
	08	12	21.3	-4.8	30.5	0.13
	09	26	55.3	-8.4	31.8	0.90
	10	42	98.8	-14.3	20.1	0.93
	11	19	37.1	-6.3	38.5	0.87
	07-11	122	64.7	-10.2 <sup>x</sup>	34.5	0.94
1977	12	25	35.4	1.0	6.6	0.99
	13	32	30.3	-0.6	7.6	0.97
	14	47	25.6	0.3	48.5	0.70
	12-14	104	29.4	0.2	29.2	0.96
1978	01	19	76.7	0.1	13.5	0.99
	02	40	57.3	3.3	14.2	0.99
	04	40	71.1	-2.2	19.9	0.98
	05	36	115.7	1.5	4.3	0.99
	01-05	135	79.7	0.7	8.0	0.99

x  $P < 0.05$



Liitetaulukko 4 A: Näkemämittausmenetelmän reliabiliteetti mittausvuosittain yli 300 metrin näkemäprosentteilla

Mittausvuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	124	47.7	3.1 <sup>x</sup>	14.0	0.96
1976	43	59.9	-2.3 <sup>x</sup>	4.9	1.00
1977	38	59.7	-0.6	4.9	1.00
1978	49	50.1	1.0	10.6	0.99

Liitetaulukko 4 B: Näkemämittauksen validiteetti tierekisterissä yli 300 metrin näkemäprosentteilla mittausvuosittain ja piireittäin

Vuosi	Piiri	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	06	124	47.7	4.3	14.1	0.97
1976	07	26	47.5	1.6	42.4	0.66
	08	7	70.0	-3.4	5.9	0.95
	09	26	48.2	2.7	18.0	0.92
	10	42	42.1	4.1	18.3	0.96
	11	18	74.9	1.8	10.3	0.94
	07-11	119	51.2	2.4	22.6	0.95
1977	12	45	60.3	-3.3	8.5	0.96
	13	32	44.6	-2.2	8.2	0.95
	14	46	69.8	-1.7	9.9	0.83
	12-14	123	59.8	-2.4	9.3	0.97
1978	01	17	60.2	-1.1	6.2	0.99
	02	40	63.0	5.9	24.7	0.91
	04	40	49.4	2.0	14.9	0.98
	05	36	31.0	-0.8	13.6	0.99
	01-05	133	49.9	-2.0	19.3	0.97



Liitetaulukko 5A: Ajoin leveyden vaihtumiskohtien esiintyvyyden reliabiliteetti mittausvuosittain

Mittaus- vuosi	N	$\bar{r}$
1975	110	0.87
1976	42	0.83
1977	38	0.59
1978	49	0.64

Liitetaulukko 5B: Ajoin leveyden vaihtumiskohtien esiintyvyyden validiteetti mittausvuosittain ja piireittäin

Mittaus- vuosi	Piiri	N	$\bar{r}$	P<
1975	06	110	0.24	
1976	07	26	0.54	
	08	32	0.40	
	09	28	0.39	
	10	42	0.20	0.01
	11	28	0.52	
	07-11	156	0.56	0.01
1977	12	46	0.16	0.001
	13	49	0.07	0.001
	14	48	0.25	0.001
	12-14	143	0.15	0.001
1978	01	42	0.33	0.001
	02	41	0.32	0.05
	04	43	0.33	0.001
	05	38	0.23	0.001
	01-05	164	0.32	0.001



Liitetaulukko 6A: Ajoin keskimääräisen leveyden  
reliabiliteetti mittausvuosittain

Mittausvuosi	N	$\bar{x}$	$\Delta\bar{x}$	CV	R
1975	109	6.32	-0.02	10.0	0.99
1976	43	6.63	-0.06	10.8	0.95
1977	38	6.42	-0.04	1.0	0.99
1978	49	6.73	-0.06	1.7	0.96

Liitetaulukko 6B: Ajoin keskimääräisen leveyden  
validiteetti mittausvuosittain ja  
piireittäin

Vuosi	Piiri	N	$\bar{x}$	$\Delta\bar{x}$	CV	R
1975	06	109	6.32	0.10 <sup>x</sup>	4.1	0.92
176	07	26	6.39	0.08	2.3	0.95
	08	32	6.65	0.21	5.1	0.78
	09	28	6.51	-0.02	4.7	0.78
	10	42	6.51	0.30	6.8	0.76
	11	28	6.57	-0.03	3.2	0.90
	07-11	156	6.54	0.11	5.4	0.82
1977	12	46	6.10	0.51	12.3	0.70
	13	49	6.18	0.51	10.9	0.35
	14	48	5.93	0.23	15.4	0.72
	12-14	143	6.07	0.41	13.1	0.67
1978	01	42	6.98	0.20	6.7	0.83
	02	41	6.66	0.10	4.9	0.67
	04	43	6.86	0.37	7.7	0.57
	05	38	6.42	0.25	9.5	0.61
	01-05	164	6.74	0.23	7.8	0.74

x  $P < 0.05$



Liitetaulukko 7A: Päällysteluokituksen vaihtumiskohdan sijainnin määrittelyn reliabiliteetti mittausvuosittain

Mittausvuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	16	2056	+5	6.6	1.00
1976	9	2317	-1	0.1	
1977	23	1774	0	0.2	
1978	12	2125	0	0.1	

Liitetaulukko 7B: Päällysteluokituksen vaihtumiskohdan sijainnin määrittelyn validiteetti mittausvuosittain

Mittausvuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	16	2056	+16	1.8	1.00
1976	39	2027	-6	1.2	
1977	20	2191	+5	1.0	
1978	32	1930	+1	0.7	



## Liitetaulukko 8 A:

Pientareen leveyden (oikeanpuolinen)  
vaihtumiskohtien esiintyvyyden  
reliabiliteetti mittausvuosittain.

Mittausvuosi	N	$\bar{H}$
1975	-	-
1976	42	0.88
1977	38	1.00
1978	49	0.84

## Liitetaulukko 8 B:

Pientareen leveyden (oikeanpuolinen)  
vaihtumiskohtien esiintyvyyden validiteetti  
mittausvuosittain ja piireittäin.

Mittaus- vuosi	Piiri	N	$\bar{H}$
1975	06	-	-
1976	07	26	0.74
	08	32	0.66
	09	28	0.51
	10	42	0.39
	11	28	0.62
	07-11	156	0.57
1977	12	45	0.41
	13	32	0.11
	14	46	0.31
	12-14	123	0.32
1978	01	42	0.10
	02	41	0.32
	03	43	0.47
	04	38	0.55
	01-04	164	0.34



Liitetaulukko 9A: Oikean puoleisen pientareen tieosakohtaisen keskimääräisen leveyden reliabiliteetti mittausvuosittain

Mittausvuosi	N	$\bar{x}$	$\Delta\bar{x}$	CV	R
1975	-	-	-	-	-
1976	43	0.370	0.025	33.3	0.94
1977	38	0.271	-0.008	10.1	0.99
1978	49	0.807	-0.028	8.0	0.99

Liitetaulukko 9B: Oikean puoleisen pientareen tieosakohtaisen keskimääräisen leveyden validiteetti mittausvuosittain ja piireittäin

Mittausvuosi	Piiri	N	$\bar{x}$	$\Delta\bar{x}$	CV	R
1975	06	-	-	-	-	-
1976	07	26	0.498	-0.022	62.6	0.70
	08	32	0.196	0.021	41.8	0.88
	09	28	0.381	0.089	47.6	0.64
	10	42	0.499	0.132	71.0	0.83
	11	28	0.332	0.095	45.6	0.75
	07-11	156	0.386	0.035	62.9	0.80
1977	12	46	0.244	-0.030	34.5	0.98
	13	49	0.035	-0.002	190.0	0.00
	14	48	0.284	0.001	38.4	0.90
	12-14	143	0.186	-0.010	80.9	0.95
1978	01	40	1.309	0.453	56.5	0.82
	02	41	0.647	0.084	32.0	0.96
	04	43	0.706	0.024	34.0	0.96
	05	38	0.321	0.144	128.9	0.60
	01-04	162	0.750	0.173	56.9	0.89



Liitetaulukko 10A: Liittymän sijainnin määrittelyn  
reliabiliteetti mittausvuosittain

Mittausvuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	60	2984	4	0.2	1.00
1976	23	3012	9	1.0	
1977	11	2503	1	0.1	
1978	44	3330	-1	0.2	1.00

Liitetaulukko 10B: Liittymän sijainnin määrittelyn validi-  
teetti tierekisterissä mittausvuosittain  
ja piireittäin

Mittaus- vuosi	Piiri	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	06	60	2984	-4	0.1	1.00
1976	07	11	1902	-3	0.5	
	08	16	4343	-19	0.9	
	09	18	3235	2	0.1	
	10	24	2950	-3	0.2	
	11	22	2746	-1	0.4	
	07-11	93	3254	-5	0.6	
1977	12	18	3263	0	0.2	
	13	18	3375	-1	0.1	
	14	9	2983	5	0.3	
	12-14	45	3252	1	0.2	
1978	01	31	2791	-7	3.9	
	02	43	3408	4	0.6	
	04	40	3071	28	6.3	
	05	26	3214	7	0.4	
	01-05	140	3139	+9	3.7	0.99



Liitetaulukko 11A: Sillan tarkan sijainnin määrittelyn reliabiliteetti mittausvuosittain

Mittaus- vuosi	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	47	2269	+4	0.2	1.00
1976	22	2205	-2	0.3	1.00
1977	22	3147	0	0.0	1.00
1978	42	2484	2	0.2	2.00

Liitetaulukko 11B: Sillan tarkan sijainnin määrittelyn validiteetti piireittäin ja mittausvuosittain

Mittaus- vuosi	Piiri	N	$\bar{X}$	$\Delta\bar{X}$	CV	R
1975	06	47	2269	1	0.6	1.00
1976	07	8	2555	-8	0.4	
	08	13	2818	1	0.1	
	09	15	3221	2	0.2	
	10	21	2135	2	0.2	
	11	13	2555	2	0.6	
	07-11	70	2621	1	0.3	
1977	12	27	2690	-3	0.6	
	13	19	3171	-2	0.1	
	14	12	1890	1	0.2	
	12-14	96	2682	-2	0.4	
1978	01	37	2631	34	6.7	
	02	19	2419	3	0.6	
	04	44	2669	16	3.4	
	05	13	2668	-3	0.4	
	01-05	113	2617	20	4.5	1.00



Liitetaulukko 12: Liikennetietojen luotettavuus, kun aineisto on luokiteltu kuuteen ryhmään (1 = 0-200, 2 = 201-300, 3 = 301-400, 4 = 401-500, 5 = 501-800, 6 = yli 800 ajoneuvoa tunnissa)

(a) Kone - piiri

		piiri						yht.
		1	2	3	4	5	6	
kone	1	21		1				22
	2		8	3				11
	3		2	29	15	1		47
	4				23	7		30
	5				2	47	2	51
	6						21	21
yht.		21	10	33	40	55	23	182

$H = 0.77$

(b) Kone - referenssi

		referenssi						yht.
		1	2	3	4	5	6	
kone	1	9						9
	2		2					2
	3			9				9
	4				14			14
	5					19	1	20
	6						12	12
yht.		9	2	9	14	19	13	66

$H = 0.98$

(c) Piiri - TVH

		TVH						yht.
		1	2	3	4	5	6	
piiri	1	23						23
	2	2	7	1				10
	3	1	12	20				33
	4		1	16	22	1		40
	5			2	12	46	2	62
	6					1	25	26
yht.		26	20	39	34	48	27	194

$H = 0.68$

(d) TVH - TVH

		TVH						yht.
		1	2	3	4	5	6	
TVH	1	51	2					53
	2	4	14	2				20
	3		2	9				11
	4			1	5			6
	5				5	27	1	33
	6					5	20	25
yht.		55	18	21	10	32	21	148

$H = 0.81$



